

UITWISSELING VAN NUTRIENTEN OP HET GRENSVLAK SEDIMENT-WATERKOLOM IN DE SPUIKOM VAN OOSTENDE

THIELEMANS L., HEIP C., VAN GANSBEKE D., BRAECKMAN A. & VERDONCKT M.

Bacteriële activiteiten in de waterkolom en in het sediment zorgen voor de afbraak van organisch materiaal waardoor opgeloste nutriënten gevormd worden. De nutriënten van het sediment stapelen zich op in het interstitiële water en diffunderen naar de waterkolom waar ze opnieuw ter beschikking staan van het plankton terwijl ook omgekeerd nutriënten naar de bodem kunnen diffunderen. De profielen van nutriëntenconcentraties in de sedimenten ontstaan hoofdzakelijk door diffusie, dispersie en microbiologische activiteiten (Billen et al 1977).

De uitwisseling van de nutriënten tussen het sediment en de waterkolom kan men op verschillende manieren benaderen.

Een eerste methode vertrekt van het zuurstofverbruik waarbij men aanneemt dat 0.412 mg organische koolstof geoxideerd wordt tot CO_2 voor elke milliliter geconsumeerde zuurstof. Aangezien men in de sedimenten voor de koolstof:stikstof een 10:1 verhouding aanneemt, wordt 0.041 mg organische stikstof geremineeraliseerd tot ammoniak voor elke milliliter zuurstof die wordt verbruikt (Rowe et al 1975).

Hierbij meet men dus de BOD van het sediment met behulp van een klok. Een andere methode die eveneens met klokken wordt uitgevoerd is deze waarbij men de nutriëntenconcentraties volgt in de waterkolom en in de klok waardoor men indicaties krijgt over de hoeveelheden nutriënten die vanuit de bodem komen of vanuit de waterkolom verdwijnen (Davies 1975, Nixon et al 1976, Hargrave & Conolly 1978).

Een derde methode bestaat erin de intersitiële concentraties te bepalen (Rittenberg et al 1955) of meer specifiek de autotrofe incorporatie van bicarbonaat te volgen van de nitrificerende bacteriën van het sediment (Vanderborcht & Billen 1975). Deze auteurs berekenen ook de flux van de nutriënten. De flux van opgeloste molekulen doorheen een horizontale laag met diepte Z' wordt gegeven door de wet van Fick : $F = -D\left(\frac{dc}{dz}\right)_Z$, waarbij D een transfertcoëfficiënt is en C de concentratie van het beschouwde nutriënt. De diagenetische vergelijking voor een scheikundige molekule opgelost in het interstitieel water wordt gegeven door Berner (1971, 1974)

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - W \frac{\partial c}{\partial z} + r(z)$$

waarbij z de diepte is, c de concentratie van het beschouwde nutriënt, w de sedimentatiesnelheid en $r(z)$ de snelheid waarmee het beschouwde nutriënt ontstaat of verdwijnt ten gevolge van chemische, microbiologische en biologische processen, D de transfertcoëfficiënt die afhankelijk is van de moleculaire diffusie, de beweging van het interstitieel water, de beweging van partikels in het sediment en de invloed van bentische organismen.

Gedurende twee 24 u cycli, één in juni en één in september, hebben we in de Spuikom van Oostende met behulp van klokken de concentraties van de belangrijkste nutriënten gevolgd in de waterkolom en in de klokken. Uit de resultaten is gebleken dat we nog niet in staat waren bovenvermelde vergelijkingen uit te rekenen. Dit verslag moet dan eerder als een inventarisatie gezien worden van de praktische problemen die rijzen bij de meting van de nutriëntenconcentraties, de konstruktie van de klokken en de staalnames.

Methode en materiaal op het veld

1) De klok

Een uit perspex vervaardigde klok van 65 cm diameter en 25 cm hoogte werd op een zand en slibsediment van de Spuikom te Oostende neergezet. De klok sloot een zestigtal liter water boven een oppervlakte van 3380 cm^2 sediment af. De vertikale wand van de klok is om de twee cm doorboord met een opening van 1 cm om op verschillende hoogten stalen te nemen. De klok wordt afgesloten met een monteerbaar deksel waarin een kompensatiezak is aangebracht die de volumevermindering opvangt welke ontstaat bij de staalname. De diepte waarmee de klok in het sediment kan gedrukt worden, is regelbaar met een verplaatsbare ring die rond de klok is gebouwd. De verankering van de klok gebeurt door vier metalen staven die in de bodem worden geklopt en verbonden zijn met twee dwarslatten die op het deksel van de klok rusten waardoor het geheel niet uit de bodem kan los komen.

In september werd nog een donkere klok op elk sediment bijgeplaatst. Deze is uit ondoorzichtbare PVC gemaakt en heeft een doormeter van 45 cm en een hoogte van 30 cm. In de zijwand is een opening gemaakt voor de staalname. De verankering van deze klokken is echter niet perfect gebeurd waardoor wij vrezen dat er water van buiten de klok is kunnen binnen stromen. In de resultaten houden wij bijgevolg geen rekening met deze klokken.

2) De staalname

Om de twee uur wordt door een duiker met een 50 cc spuit water uit de klok gezogen. Om geen vermenging van het water in en uit de klok te krijgen hebben

we het volgende systeem ontworpen : in de openingen van de verticale wand worden rubberen darpjes vastgelijmd waarop aan de buitenkant een plastic kraantje zit met nog een stukje rubberdarm eraan vast. De duiker komt met een spuit waarop een driewegkraan zit naar de klok en plaatst de spuit op de rubberdarm van het kraantje dat men opendraait. Men zuigt vervolgens 10 ml water uit de klok dat onmiddellijk uit de spuit wordt verwijderd door de driewegkraan.

Hierna neemt men het uiteindelijke staal van 50 cc, waarna het kraantje van de klok opnieuw wordt gesloten en de spuit van de klok ontkoppeld. Er worden drie stalen genomen : één onderaan, één in het midden en één bovenaan de klok. De spuiten worden geledigd in een plastic potje en ingevroren tot aan de analyse in het labo. Uit de waterkolom wordt een halve liter water genomen met een plastic pot die ingevroren wordt tot aan de analyse. Het sediment wordt op de klassieke manier bemonsterd : duikers nemen bodemstalen door middel van cores. Er worden die verschillende cores gebruikt : met één cm doormeter voor organische koolstof, organische stikstof en chlorofyl; met drie cm doormeter voor nutriënten van het interstieel water en voor de meiofauna; met tien cm doormeter voor de macrofauna. Al deze stalen worden in de omgeving van de klok genomen en bij de laatste staalname worden dezelfde cores in de klok genomen. De cores voor nutriënten, organische koolstof en stikstof worden diepgevroren terwijl de cores voor de benthische fauna met 4 % formol worden gefixeerd. De chlorofyl wordt onmiddellijk geëxtraheerd met aceton en in de koelkast bewaard tot analyse op het labo, max. 24 uur later.

Methode en materiaal in het labo

1) Organische koolstof

Het gehalte aan organische koolstof wordt bepaald volgens de methode van Wackel & Riley, waarbij een natte oxydatie wordt uitgevoerd met chroomzuur bij 100° C gedurende 15', gevolgd door een terugtitratie met Mohr's zout. De werkwijze is als volgt : een hoeveelheid staal(sediment) wordt afgewogen en in een proefbuis met 10 ml chroomzuur gebracht. De proefbuis wordt zacht geschud en verwarmd in kokend water gedurende 15'. Na afkoelen wordt getitreerd met Mohr's zout (= ijzerammoniumsulfaat 0.2N) t.o.v. ijzerphenantroline (0.025M).

2) Totale organische stof door gewichtsvelies bij 550° C

Een hoeveelheid sediment wordt in een porceleinen kroesje gedurende 1 à 2 uur gedroogd bij 110° C. Na hiervan het gewicht bepaald te hebben, wordt

het staal verast bij 550-600° C. Het gewichtsverschil geeft ons het gehalte organische stof waarbij we de volgende relatie voor ogen houden :

$$\frac{(\text{drooggewicht } 110^{\circ} \text{ C} - \text{asgewicht } 550^{\circ} \text{ C})}{\text{drooggewicht } 110^{\circ} \text{ C}} \times 0.39 \times 100 = \text{org. materie}$$

De faktor 0.39 verkrijgen we uit het werk van Wollast (1975) waaruit blijkt dat 10 % gewichtsverlies overeenstemt met 3.9 % organische materie.

3) Kjeldahlstikstof

De organische stikstof wordt omgezet tot ammoniakale, minerale stikstof. Men brengt door verwarming met geconc. zwavelzuur en met een katalysator de proteïnestikstof over in ammoniumwaterstofsulfaat (NH_4HSO_4). Na het alkalisch maken van het gedestruerd mengsel, wordt door stoomdestillatie de in vrijheid gestelde ammoniak overgedestilleerd en opgevangen in een overmaat boorzuur en getitreerd met zoutzuur.

Als reagentia gebruiken we : geconc. zwavelzuur; 33 % NaOH; de katalysator is een selemiummengsel verkregen door 80 g K_2SO_4 te mengen met 20 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ ag.}$ en 0.34 g Na-selenaat; de indikator is een mengsel van gelijke volumes van methylrood (0.66 %) en bromocresolgroen (0.99 %) in ethylalcohol 95 %; tenslotte 0.1 of 0.01N zoutzuur.

4) Nitriet

De bepaling gebeurt met een autoanalyser. Het principe van de bepaling is als volgt : nitriet wordt omgezet in een di-azoverbinding die met naftyleendiaminedihydrochloride een sterke roodkleuring geeft waarvan de intensiteit colorimetrisch wordt bepaald (Strickland 1968). Het kleurreagens verkrijgen we door aan 1500 ml water 200 ml gec. salpeterzuur en 20 g sulfanylamide toe te voegen. Dit mengsel wordt opgelost door te verwarmen en hieraan wordt 1 g n-1-naftyleendiaminedihydrochloride toegevoegd. Alles wordt verdund tot twee liter. Tenslotte wordt er 1 ml Brij-35 (zeepoplossing) toe gevoegd en wordt het reagens in een donkere en koele plaats bewaard (max. 1 maand). Als wasvloeistof wordt synthetisch zeewater gebruikt (31 g NaCl + 10 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 0.041 g NaHCO_3 ; alles wordt tot één liter met ged. water aangelengd).

De standaardoplossing heeft een concentratie van 100 mg N/l : we lossen 493 mg NaNO_2 op in zeewater en lengen aan tot één liter. Deze oplossing wordt in een glazen fles met 0.5 ml chloroform bewaard.

5) Nitraat

De bepaling gebeurt met de autoanalyser.

De meting van nitraat berust op de reductie van nitraat tot nitriet langsheen een Cd-reduktor, gevolgd door een meting van nitriet zoals onder 4. (Strickland

1968). De reductor bestaat uit gekorrelde gezeefde Cd-korrels die behandeld zijn met zoutzuur, vervolgens goed zijn uitgewassen, gedroogd en ge-coated worden met een CuSO_4 oplossing, wat een laagje koper rond de Cd-korrels geeft. De reductor wordt in een U-vormige buis gebracht die aan beide zijden wordt afgesloten met een propje glaswol. De eerste fase van de in gebruikname van een nieuwe kolom kenmerkt zich door een sterke toename van de reductiecapaciteit van de kolomvulling. Dit kan men als volgt opvangen : men laat continu een standaard oplossing van $1 \text{ mg N-NO}_3/1$ door het systeem vloeien waardoor de voortdurende reductie de efficiëntie van de reductor doet toenemen tot 95 %. Met behulp van de rekorder is het verloop van aktivering te volgen : men draait de versterking van de colorimeter zó dat men een uitslag op de rekorder krijgt van ca. 30 % waarna het proces gestart wordt. Zolang de aktivering niet voldoende is blijft de aflezing en dus ook de efficiëntie toenemen. Zodra de aktivering voldoende is, vertoont de grafiek op de recorder een plateau en kan met de verwerking van de monsters worden begonnen.

Als reagentia wordt $10 \text{ g NH}_4\text{Cl}$ opgelost in basisch water en aangelengd tot één liter. Hieraan wordt 0.5 ml Brij 35 toegevoegd.

Basisch water verkrijgt men door NH_4OH toe te voegen aan gedest. water tot pH 8.5. Als kleurreagens wordt hetzelfde van nitriet gebruikt. De standaard oplossing bekomt men door 720 mg KNO_3 op te lossen en aan te lengen tot één liter, waarbij met 0.5 ml chloroform als bewaringsmiddel toevoegt, en de oplossing stockeert in een donkere fles.

6) Ammoniak

Deze bepaling steunt op de methode van Koroleff (Slawyk & McIsaac 1972) en gebeurt eveneens met de autoanalyzer. Twee reagentia dienen gemaakt te worden. Een eerste reagens verkrijgt men door 35 g fenol en 0.4 g natriumnitroprusside op te lossen in één liter ammoniakvrij, gedestilleerd water dat bewaard wordt in een donkere fles bij 4° C . Het tweede reagens krijgt men door 140 g trinatriumcitraat-dihydraat en 11 g NaOH op te lossen in 400 ml ammoniakvrij, gedestilleerd water. Om 0.138% (gew-volume %) te verkrijgen voegt men 35 ml Clorox toe (een kommercieel produkt met 5.25% NaOCl), waarvan de sterkte van het natriumhypochloriet titrimetrisch is bepaald.

Voor het starten met de keten worden alle leidingen gedurende tien minuten met 10% HCl gespoeld, gevolgd door een spoeling van 30 min. met water. Men laat eerst het toestel pompen tot een stabiele baselijn wordt verkregen. Als spoelwater gebruikt men kunstmatig zeewater. Na meer dan 10 uur werking verschijnt een wit neerslag in het tweede reagens wat verwijderd wordt met 10% HCl.

7) Orthofosfaat

De automatische bepaling van orthofosfaat is gebaseerd op de reactie van ammoniummolybdaat in een zuur milieu tot ammoniumfosfomolybdaat. Ascorbinezuur reduceert dit molybdaat tot een molybdeen complex dat colorimetisch bij 880 nm wordt gemeten. We gebruiken ascorbinezuur in plaats van SnCl_2 omdat langdurig gebruik van SnCl_2 de pompdarmen ontbindt. Verscheidene reagentia zijn nodig :

- 1° standaardoplossing : 0.4393 g droog KH_2PO_4 wordt in water verdund tot één liter. Vervolgens worden verdunningen gemaakt van 0 tot 1 ppm.
- 2° zwavelzuur 4.9N : 136 ml H_2SO_4 wordt aan 800 ml ged.water toegevoegd en na afkoeling aangelengd tot één liter.
- 3° Kalium-antimonyl-tartraat : 3.0 g $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ oplossen in één liter ged. water.
- 4° Ammoniummolybdaat : 40 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ oplossen in één liter water en in een PVC-fles bewaren.
- 5° Ascorbinezuur : 18 g U.S.P. oplossen in 800 ml water en tot één liter verdunnen. Ofwel 12 g $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ oplossen in 800 ml ged. water en 1.0 ml Levor IV-detergent (verkrijgbaar bij Technicon) + 50 ml aceton en alles aanlengen tot één liter met ged. water. De oplossing wordt bewaard in een koelkast in een gesloten fles (max. twee weken).
- 6° mengreagens : 50 ml H_2SO_4 4.9N + $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ + 30 ml $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ + 5 ml $\text{K SbO C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$. Dit mengsel is ongeveer acht uur houdbaar.
- 7° Verdunningswater : 0.5 ml Lever IV aan 1 liter ged.water toevoegen.

8) Chlorofyl in de sedimenten

Na afzuigen van het bovenstaand water worden de bovenste centimeters van de core behandeld met 25 ml aceton. Na 24 uur meten we de chlorofyl met de spektrofotometer. De extractiebuizen worden bewaard in een donkere ruimte bij 4° C. De extractietijd bedraagt 18-24 uur, waarna de extinctie wordt gemeten bij 630,645 en 665 nm t.o.v. aceton 90 %.

De extinctie bij 750 nm is een correctie voor de troebelheid van het monster. Het phaeophytine-gehalte wordt eveneens gemeten na aanzuren van de geëxtraheerde chlorofyl met een paar druppels HCl . Het chlorofyl slaat neer en men meet alleen de phaeophytinen.

Resultaten en discussie

In de onderstaande tabellen stemt het tijdstip nul overeen met het begin van het experiment. In juni zijn we gestart om 6u30 op het slib en om 7u30 op het zand. Vervolgens werd om de twee uren stalen genomen.

In september zijn we vanwege de weersomstandigheden later moeten beginnen zodat we gestart zijn om 8u00 op het slib en om 9u00 op het zand. Om de tabellen niet te overladen hebben we er de voorkeur aan gegeven niet de reële tijden aan te geven maar de uren ten opzichte van tijdstip nul.

1) Temperatuur en pH

In juni bedroeg de gemiddelde temperatuur 14.8 en 14.7° C resp. voor het zand en voor het slib, terwijl in september gem. 15.4° C resp. 15.5° C werd gemeten. De pH kende sterk uiteenlopende waarden, niet alleen om de twee uur maar ook tijdens een zelfde staalname al naargelang de diepte in de waterkolom. Indien we deze waarden elimineren vinden we gemiddeld in juni voor het zand 8.29 en voor het slib 8.09, in september 6.69 voor het zand en 6.70 voor het slib.

2) Korrelanalyse

Van beide types sediment waarop een klok werd geplaatst is een korrelanalyse uitgevoerd (figuren 1, 2). Het slib heeft een mediane korrel van 0.132 mm, de spreiding bedraagt 0.434, terwijl de scheefheid 0.367 is. Het percentage slib bedraagt 43 %. Dit sediment kunnen we eerder beschouwen als een slibrijk zandpunt dan als een echt uit slib bestaande bodem. Er zijn plaatsen in de Spuikom waar meer dan 70 % slib wordt aangetroffen (Thielemans et al 1978).

Het zand wordt gekarakteriseerd door een mediane korrel van 0.158 mm, een spreiding van 0.421 en een scheefheid van 0.381. Het percentage slib bedraagt 0.26 % zodat we dit als een echt zandsediment mogen beschouwen.

3) Organische koolstof

De organische koolstof van de sedimenten werd bepaald voor de bovenste zes cm en om de zes uur. In tabel 1 worden de waarden als percentages aangegeven t.o.v. het drooggewicht sediment. De waarden zijn de gemiddelden van drie replica's.

ZAND		Juni	September
	0 u	0.055	0.066
	na 6 u	0.066	-
	12 u	0.077	0.060
	18 u	0.067	0.080
	24 u	0.088	0.068
	gem.	0.071	0.069

SLIB

	0 u	1.57	2.09
	na 6 u	2.17	-
	12 u	1.23	-
	18 u	1.51	1.24
	24 u	2.08	1.28
	gem.	1.71	1.54

Tabel 1 : Percentage organische koolstof van het drooggewogen sediment

Het spreekt vanzelf dat we binnen 24 u geen cyclische veranderingen krijgen. Het slib bezit beduidend hogere percentages dan het zand. Van deze laatste liggen de waarden zelfs laag. Voor de kustzone van de Noordzee liggen deze waarden tussen 2.032 % en 0.038 % (ongepubl. gegevens). In de figuren 3, 4, 5, 6 zijn de Spuikomwaarden uitgezet. In enkele gevallen zijn voor één staalname twee punten onder elkaar uitgezet. Bij deze stalen zijn van de onderste zes cm eveneens het organisch koolstof-gehalte bepaald. Hieruit blijkt dat er niet veel verschil optreedt met de bovenste centimeters. In figuur 6 vinden we een zeer lage waarde voor de tweede staalname, maar bij nader toezien bleek dit sediment een hoger zandgehalte te bevatten waardoor deze waarde binnen deze van het zand valt.

4) Percentage organische materie van de sedimenten uit het gewichtsverlies bij 550° C

In principe werd om de zes uur een staal genomen. De cores werden onderverdeeld in schijfjes van 2 cm waardoor we een verticale verdeling van de organische materie in het sediment verkrijgen. Enkele slecht genomen cores lieten echter geen bepaling toe zodat we over een sporadische reeks in de tijd beschikken (tabel 2).

ZAND	Juni	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18
	0 u	1.2	1.1	1.1	1.4	-	-	-	-	-
	na 12 u	1.0	1.0	1.0	0.9	1.2	1.4	-	-	-
	September									
	0 u	1.3	0.9	1.2	1.5	1.3	1.5			
	na 24 u	0.7	0.8	0.9	0.8	-	-			
SLIB	Juni									
	0 u	-	7.1	3.3	3.3	-	-	-	-	-
	na 6 u	6.3	7.4	7.4	6.6	2.9	2.8	3.3	-	-
	12 u	3.4	3.8	1.7	1.5	0.8	0.9	-	-	-
	18 u	-	7.5	-	4.4	1.7	2.5	2.6	-	-
	24 u	8.1	4.4	5.1	3.3	2.5	1.6	1.1	2.0	1.0
	0 u	-	6.2	8.2	-	-	-	-	-	-

Tabel 2 : Percentage organische materie per twee cm sediment

De zandwaarden liggen eveneens beduidend lager dan deze van het slib. Vanderborght en Billen (1975) vinden voor de slijkzone 3.6 tot 6 % organische materie en voor de zandzone minder dan 3 %. In de kustzone van de zuidelijke Noordzee varieert dit percentage van 8 tot 16 % (Wollast 1977). Bij de verticale distributie valt het op dat in het zand de percentages met de diepte niet veranderen, terwijl in het slib dit percentage afneemt.

5) Kjeldahlstikstof van de sedimenten

De Kjeldahlstikstof werd bepaald voor de bovenste zes cm van het sediment en om de zes uur. De waarden in tabel 3 zijn uitgedrukt als de percentages t.o.v. het drooggewicht sediment. De waarden zijn de gemiddelden van twee replicas.

ZAND	Juni	September
	0 u 0.015	0.015
	6 u 0.018	-
	12 u 0.015	0.017
	18 u 0.015	0.015
	24 u 0.014	0.021
	gem. 0.015	0.017
SLIB		
	0 u 0.166	0.278
	6 u 0.240	-
	12 u 0.150	-
	18 u 0.143	0.143
	24 u 0.250	0.184
	gem. 0.190	0.202

Tabel 3 : Percentage Kjeldahlstikstof van de sedimenten

De slibwaarden zijn opnieuw duidelijk hoger dan de zandwaarden.

In beide gevallen zijn de septemberwaarden iets gestegen t.o.v. de waarden gevonden in juni.

6) De nutriënten

6.1. Nitriet

6.1.a. Waterkolom

Zowel voor de slib-waarden als voor de zandwaarden vinden we sterk schommelende concentraties wat op een heterogene waterkolom wijst. Deze heterogeniteit in de opeenvolgende staalnames is ofwel natuurlijk ofwel veroorzaakt door een storend effect van de duiker. Gemiddeld liggen de juniwaarden iets hoger dan die van september en zijn de concentraties groter boven de slibplaats dan boven het zand (tabel 4).

		ZAND		SLIB	
		juni	september	juni	september
	0 u	56	70	92	39
na	2 u	65	85	82	95
	4 u	27	97	112	108
	6 u	17	79	80	56
	8 u	75	60	78	89
	10 u	140	111	146	127
	12 u	72	-	80	93
	14 u	142	105	140	125
	16 u	148	111	131	130
	18 u	132	93	95	87
	20 u	135	101	131	126
	22 u	82	60	156	85
	24 u	146	112	132	105
	gem.	95 ₊₁₃	90 ₊₅	112 ₊₈	97 ₊₈

Tabel 4 : Concentraties nitriet in de waterkolom (ug/l)

Gedurende de twee experimenten trad er binnen 24 u geen cyclus op. Om de heterogene staalwaarden beter te kunnen interpreteren werden trendlijnen berekend en deze zijn getekend in de figuren 7, 8, 9, 10. Hieruit blijkt dat nitriet de neiging heeft te stijgen in de waterkolom over 24 u.

6.1.b. Klok

Binnen de klok vinden we eveneens een heterogeniteit zowel tussen de opeenvolgende staalnames als tussen de stalen 'onder' 'midden' 'boven'. Gezien met de afzonderlijke waarden niet kan gewerkt worden, zijn van de drie waarden de gemiddelden berekend en op dit gemiddelde is de trend bepaald (tabel 5, figuren 11, 12, 13, 14).

Tussen de beide periodes is weinig verschil gevonden tussen de concentraties waarbij opvalt dat boven het slib gemiddeld iets hogere waarden gevonden zijn dan boven het zand.

In alle gevallen is de trend echter een daling van de concentraties na 24 u. Deze daling is soms sterk uitgesproken, in andere gevallen niet. Voor het slib kon onder in de klok geen staal worden genomen daar de onderste opening in het sediment was weggezonden. De eerste staalname gebeurt in de klok vóór het deksel erop wordt geplaatst, vandaar dat slechts één waarde is ingevuld op tijdstip nul.

6.1.c. Het sediment

We hebben profielen tot een maximum diepte van 16 cm. Er doet zich echter een belangrijk methodologisch probleem voor : het interstieel water van één schijfje sediment van twee cm gaf ons dikwijls onvoldoende volume water om de nodige bepalingen te kunnen uitvoeren. Tijdens de tweede 24 u-cyclus hebben we dit trachten op te vangen door grotere cores te gebruiken. Het nadeel van deze cores was dat ze uit onzichtbare PVC zijn vervaardigd wat bij het duiken niet toelaat het staal te observeren dat genomen is. De profielen die we hebben zijn bijgevolg onvolledig en alleen de meest volledige werden grafisch uitgezet (tabel 6, figuren 15-20).

Voor het zandpunt stijgt de nitriet in de bovenste vier cm om dan te dalen naar de diepte toe. Voor het slibpunt daarentegen daalt de concentratie tot vier à zes cm in het sediment om dan opnieuw te gaan stijgen volgens de diepte.

Rekening houdend met de concentratie van de waterkolom zal boven het zand de bodem fungeren als een sink voor nitriet, terwijl voor het slib nitriet van het sediment naar de waterkolom diffundeert.

De hogere waarden die we in de bovenste cm van het zand vinden kan op een nitrificatie proces wijzen waarbij amoniak omgezet wordt tot nitriet.

ZAND

	0 u		na 6 u		na 12 u		na 18 u		na 24 u	
	juni	sept.	juni	sept.	juni	sept.	juni	sept.	juni	sept.
0- 2 cm	57	159	93	60	-	44	153	43	-	24
2- 4 cm	40	146	95	-	-	-	62	72	-	27
4- 6 cm	-	37	49	-	-	-	-	20	-	23
6- 8 cm	-	-	-	-	-	-	-	12	-	32
8-10 cm	-	-	43	92	-	-	-	-	-	-
10-12 cm	-	-	-	-	-	38	-	28	-	28
12-14 cm	-	-	-	-	-	-	-	46	-	-
14-16 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SLIB

0- 2 cm	34	46	8	-	39	32	28	68	53	-
2- 4 cm	27	10	28	-	14	128	16	31	31	-
4- 6 cm	17	-	21	-	-	12	20	8	48	-
6- 8 cm	-	31	49	-	32	-	-	14	44	-
8-10 cm	-	30	-	-	-	-	38	-	99	-
10-12 cm	-	20	-	-	-	-	-	44	-	-
12-14 cm	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-
14-16 cm	-	-	-	-	-	-	-	147	-	-

Tabel 6 : Nitriet concentraties in het sediment (in ug/l).

6.2. Nitraat

6.2.a. De waterkolom

We vinden dezelfde heterogeniteit terug als bij nitriet, waarbij de concentraties gemiddeld hoger liggen boven het slib dan boven het zand. Vergelijken we de twee periodes dan vinden we gemiddeld hogere waarden in september dan in juni (tabel 7).

De trendlijnen zijn minder duidelijk : er is een meer schommelend concentratieverloop merkbaar zonder dat er een duidelijke lijn naar voren treedt. In juni is de trend stijgend voor het zand (fig. 21) en schommelend voor het slib (fig. 22) terwijl voor september de beide grafieken een schommelend verloop kennen (figuren 23, 24).

		ZAND		SLIB	
		juni	september	juni	september
na	0 u	188	222	148	328
	2 u	93	148	147	342
	4 u	72	145	141	109
	6 u	72	161	265	113
	8 u	106	67	218	164
	10 u	103	206	156	206
	12 u	69	-	111	299
	14 u	134	170	-	282
	16 u	546	226	168	127
	18 u	62	67	78	271
	20 u	153	366	42	241
	22 u	171	143	691	162
	24 u	252	208	225	203
	gem.	155+36	177+23	199+48	219+23

Tabel 7 : Nitraat concentraties van de waterkolom (ug/l).

Indien we vergelijken met de zuidelijke Noordzee dan vindt men in de winterperiode in zone 2 waarden van 120 tot 180 ugN/l, in de zone 1S 500 tot 600 ugN (Billen 1977). Om met onze waarden te vergelijken moeten we ze delen door 14 gezien de verschillende eenheid.

6.2.b. De klok

Dezelfde opmerkingen gelden hier als voor nitriet. We nemen de gemiddelden van de waarden 'boven' 'midden' 'onder' en berekenen hierop een

trendlijn. In juni ligt de concentratie boven het slib hoger, terwijl in september beide waarden weinig verschil vertonen. De algemene trend vertoont een afname van nitraat waarbij we aannemen dat de bodem als een sink fungeert (tabel 8, figuren 25-28).

ZAND	juni				september			
	onder	midden	boven	gem.	onder	midden	boven	gem.
0 u	-	102	-	102	-	-	-	-
na 2 u	89	61	50	67	160	210	239	203
4 u	112	66	137	105	438	670	265	458
6 u	79	82	105	87	-	231	229	230
8 u	36	46	70	51	77	126	184	196
10 u	77	441	60	193	1042	137	160	446
12 u	45	7	62	55	-	-	-	-
14 u	67	66	66	66	131	46	83	87
16 u	115	78	439	211	161	85	91	112
18 u	96	51	33	60	27	68	62	76
20 u	60	63	61	61	76	61	96	77
22 u	63	115	51	76	50	63	88	67
24 u	77	7	94	59	17	51	95	54
	gem. 91+15				gem. 181+36			

SLIB	juni				september			
	onder	midden	boven	gem.	onder	midden	boven	gem.
0 u	-	284	-	284	-	-	-	-
na 2 u	-	135	108	121	384	-	195	289
4 u	-	272	155	213	-	528	140	338
6 u	-	150	181	165	-	123	320	221
8 u	-	88	186	137	-	147	197	172
10 u	-	66	206	136	-	140	193	166
12 u	-	189	242	215	-	83	219	151
14 u	-	91	132	111	-	182	179	180
16 u	-	132	151	141	-	119	169	144
18 u	-	107	123	115	-	126	95	110
20 u	-	208	183	195	-	93	66	79
22 u	-	148	140	144	-	149	109	129
24 u	-	147	155	152	-	85	113	99
	gem. 164+11				gem. 174+21			

Tabel 8 : Nitraat concentraties in het water van de klok (in ug/l)

6.2.c. Het sediment

Dezelfde opmerkingen gelden als voor nitriet. Uit de profielen blijkt duidelijk dat de concentraties van het interstitieel water hoger liggen dan die van de waterkolom. Verder vertonen de profielen ongeveer het zelfde beeld als voor nitriet : stijging van de concentratie in de bovenste centimeters, gevolgd door een daling om tenslotte vanaf ongeveer 10 cm opnieuw te stijgen. In de meeste gevallen aanvaardden we een diffusie van nitraat naar de waterkolom toe (fig. 29, 30, 31) in enkele uitzonderingen zien we een sink (fig. 32)

ZAND

	juni					september				
	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u
0- 2 cm	173	84	-	100	-	-	-	-	242	-
2- 4 cm	146	40	-	208	-	-	-	-	354	38
4- 6 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	115	-
6- 8 cm									177	71
8-10 cm	-	265	-	-	-	-	-	-	-	-
10-12 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	463	33
12-14 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	294	-

SLIB

	juni					september				
	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u
0- 2 cm	290	318	389	247	304	293	-	408	283	-
2- 4 cm	402	213	509	417	249	260	-	376	234	-
4- 6 cm	396	218	-	296	423	208	-	597	224	-
6- 8 cm	-	315	-	-	1098	185	-	-	62	-
8-10 cm	-	-	-	-	-	224	-	-	102	-
10-12 cm	-	-	-	-	-	504	-	-	202	-
12-14 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	217	-

Tabel 9 : Nitraatconcentratie in het interstitieel water (in ug/l)

De piek van concentraties in de bovenste vier cm kan ook hier op een nitrifikatie proces wijzen zoals we dat voor nitriet hebben geconstateerd.

6.3. Ammoniak

6.3.a. De waterkolom

Ook voor ammoniak vinden we een heterogeniteit die groter is dan verwacht. De waarden boven het slib liggen steeds hoger dan boven het zand en de concentraties in september zijn ongeveer 10 x hoger dan in juni (tabel 10). De trendlijnen vertonen verschillende beelden : in juni schommelen de waarden boven het slib rond 100 ug/l, terwijl boven het zand er een lichte stijging is waar te nemen (fig. 33, 34). In september neemt zowel voor het slib als voor het zand de concentratie af na ongeveer 6 à 8 uur na T = 0. (Fig. 35, 36)

	ZAND		SLIB	
	juni	september	juni	september
0 u	66	1994	69	376
na 2 u	66	1272	112	3175
4 u	61	648	116	2807
6 u	38	451	190	544
8 u	80	570	64	402
10 u	84	472	92	583
12 u	104	-	68	2856
14 u	171	453	150	840
16 u	118	517	122	557
18 u	159	541	72	447
20 u	120	725	80	499
22 u	88	730	152	467
24 u	184	557	98	1182
gem.	103 \pm 12	744 \pm 126	107 \pm 10	1133 \pm 294

Tabel 10 : Ammoniakconcentraties van de waterkolom (in ug/l)

In de zuidelijke Noordzee vindt men voor de winterperiode in de zone 2 150 ug/l en voor de zone 1S 350 ug/l. Het is interessant te noteren dat men in de herfst van 1974 waarden vindt die drie maal hoger liggen dan de normale waarden. Als mogelijke oorzaak voor deze hoge waarden geeft men de hoge neerslag die toen werd genoteerd (Billen 1977). Gezien de weersomstandigheden in september slecht waren, kan dit eveneens een invloed hebben op de hoge waarden die we vinden.

6.3.b. De klok

Uit de trendlijnen komen we tot de volgende interpretaties voor ammoniak : in juni stijgt de concentratie boven het slib, terwijl boven het zand er niets verandert. In september treedt er in beide gevallen een stijging van de concentratie op waarbij de bodem als een bron voor ammoniak schijnt te fungeren (fig. 37-40).

ZAND	juni				september			
	onder	midden	boven	gem.	onder	midden	boven	gem.
0 u	-	58	-	58	-	-	-	-
na 2 u	90	99	-	94	663	601	1994	1086
4 u	125	120	148	131	715	700	2010	1142
6 u	69	52	98	73	712	661	609	661
8 u	-	65	154	109	547	688	518	584
10 u	80	112	58	83	548	601	600	583
13 u	50	60	80	63	-	-	-	-
14 u	155	72	72	100	635	570	830	678
16 u	106	81	66	84	712	842	661	738
18 u	124	88	112	108	829	-	645	737
20 u	98	148	141	129	1126	1443	2952	1507
22 u	136	144	108	129	1213	1244	850	1102
24 u	166	109	120	132	1104	739	1188	1010
				gem. 100+7				gem. 893+90

SLIB	juni				september			
	onder	midden	boven	gem.	onder	midden	boven	gem.
0 u	-	134	-	134	-	-	-	-
na 2 u	-	83	58	70	-	1194	2952	2318
4 u	-	80	128	194	-	541	1468	1004
6 u	-	103	67	85	-	756	738	747
8 u	-	128	106	117	-	706	673	689
10 u	-	122	85	103	-	3538	659	2098
12 u	-	128	138	133	-	1182	1306	1244
14 u	-	172	168	170	-	622	1209	915
16 u	-	154	148	151	-	1312	-	1312
18 u	-	196	165	185	-	803	894	848
20 u	-	192	190	191	-	1188	1244	1216
22 u	-	226	228	227	-	1238	1236	1237
				gem. 143+13				gem. 1240+144

Tabel 11 : Ammoniakconcentraties van het water in de klok (in ug/l).

6.3.c. Het sediment

De ammoniakconcentraties liggen zeer hoog en nemen voor het slib in juni met de diepte toe tot waarden die het dubbele zijn van de bovenste centimeters (fig. 41, 42). In september is voor het zand het beeld net omgekeerd : de concentraties vervallen tot de helft i.v.m. die van de bovenste centimeters (fig. 43, 44). Voor het slib dalen de waarden tot de helft van de bovenste waarden, om naar de diepte opnieuw toe te nemen en te stijgen tot de oorspronkelijke concentraties (fig. 45, 46).

De daling van de ammoniak in de bovenste cm (figuren 43-46) kan op de nitrificatie wijzen die de ammoniak omzet in de nitraten zoals uit de vorige profielen van deze nutriënten is gebleken.

Algemeen kunnen we zeggen dat gezien de hogere waarden in de bodem deze als een bron voor ammoniak fungeert.

SLIB

	juni					september				
	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u
0- 2 cm	3.08	7.41	3.09	3.09	4.22	7.20	2.85	3.21	11.40	-
2- 4 cm	7.14	7.04	7.0	3.29	9.74	3.38	2.62	4.81	10.72	-
4- 6 cm	7.10	-	7.0	4.91	11.08	6.61	2.46	5.47	7.43	-
6- 8 cm	-	-	7.0	5.22	10.11	9.46	-	5.63	9.87	-
8-10 cm	-	-	9.89	-	11.64	10.18	-	-	11.98	-
10-12 cm	-	10.57	-	-	-	10.76	-	-	12.57	-
12-14 cm	-	-	-	-	11.52	-	-	-	12.61	-
14-16 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	12.68	-

ZAND

	juni					september				
	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u	0 u	6 u	12 u	18 u	24 u
0- 2 cm	0.86	-	-	-	-	4.13	3.16	-	5.05	4.51
2- 4 cm	2.06	-	-	-	-	3.26	-	-	2.96	4.73
4- 6 cm	2.14	1.14	-	-	-	2.64	-	-	3.05	2.28
6- 8 cm	-	1.33	-	-	-	2.35	-	-	3.09	2.31
8-10 cm	-	-	-	-	-	2.35	-	-	3.10	-
10-12 cm	-	-	-	-	-	2.50	-	-	2.44	2.57
12-14 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	2.97	-

Tabel 12 : Ammoniakconcentraties van het interstitieel water (in mg/l).

6.4. Orthofosfaat

6.4.a. De waterkolom

De concentraties die we vinden zijn zeer hoog en de schommelingen tussen de verschillende staalnames zijn bijgevolg kleiner.

De waarden boven het zanden het slib verschillen weinig van elkaar en de concentraties zijn iets hoger in september dan in juni. De trendlijnen vertonen in juni een bijna rechtlijnig verloop gedurende het 24 uur durende experiment, terwijl we in september een meer schommelende lijn krijgen (fig. 47-50).

	ZAND		SLIB	
	juni	september	juni	september
0 u	1.681	1.928	1.622	2.053
na 2 u	1.771	1.652	1.513	1.180
4 u	1.051	2.000	1.668	1.452
6 u	1.518	2.142	1.053	1.821
8 u	1.244	1.964	1.525	1.515
10 u	1.389	1.452	1.622	1.643
12 u	1.628	-	1.590	2.135
14 u	1.179	1.308	1.654	2.334
16 u	1.531	1.910	1.609	1.921
18 u	1.346	1.964	1.685	1.474
20 u	1.593	1.611	1.610	1.595
22 u	1.749	1.928	1.452	1.324
24 u	1.707	2.396	1.770	1.921
gem.	1.49 \pm 0.06	1.85 \pm 0.09	1.57 \pm 0.04	1.72 \pm 0.09

Tabel 13 : Fosfaatconcentraties van de waterkolom (in mg/l)

6.4.b. De klok

Er is een verschil tussen juni en september : in juni zijn de resultaten analoog met het verloop in de waterkolom nl. een nagenoeg lineair verloop wat op een geringe aktiviteit wijst, waarbij de uitwisseling te klein is om op de hoge waarden meetbaar te zijn (fig. 51, 52).

In september liggen de concentraties gemiddeld hoger en wijst de trendlijn op een lichte toename van fosfaat in het water. (tabel 14, figuren 53, 54).

ZAND

	juni				september			
	onder	midden	boven	gem.	onder	midden	boven	gem.
0 u	-	1.030	-	1.030	-	-	-	-
na 2 u	1.642	1.622	1.762	1.675	2.035	2.042	2.071	2.049
4 u	1.595	1.372	1.584	1.517	2.017	2.256	2.056	2.110
6 u	1.512	1.712	1.370	1.531	1.964	1.595	1.928	1.829
8 u	1.486	1.425	1.492	1.466	1.878	2.035	1.928	1.947
10 u	1.534	-	1.163	1.348	2.548	1.603	1.643	1.931
12 u	1.495	1.447	1.707	1.550	-	-	-	-
14 u	1.609	1.098	1.454	1.387	2.053	1.785	1.914	1.917
16 u	1.299	1.499	1.634	1.477	1.892	2.042	1.981	1.971
18 u	1.635	1.417	1.614	1.555	1.964	1.964	1.601	1.782
20 u	1.499	1.499	1.654	1.576	2.431	1.659	2.365	2.152
22 u	1.635	1.865	1.563	1.688	1.627	1.964	1.992	1.861
24 u	1.627	1.620	1.212	1.486	2.242	2.028	2.231	2.167
			gem.	1.48 ± 0.05			gem.	1.97 ± 0.07

SLIB

	juni				september			
	onder	midden	boven	gem.	onder	midden	boven	gem.
0 u	-	1.361	-	1.361	-	-	-	-
na 2 u	-	1.533	1.790	1.661	-	1.611	2.373	1.992
4 u	-	1.729	1.595	1.662	-	2.285	2.221	2.253
6 u	-	1.429	1.486	1.475	-	2.306	2.249	2.277
8 u	-	1.500	1.434	1.467	-	2.529	2.529	2.529
10 u	-	1.539	1.169	1.353	-	2.549	2.575	2.562
12 u	-	-	0.763	0.763	-	2.588	2.575	2.581
14 u	-	1.428	1.299	1.363	-	1.518	2.529	2.023
16 u	-	1.382	1.550	1.466	-	2.946	0.941	1.943
18 u	-	1.678	1.308	1.493	-	3.029	3.200	3.114
20 u	-	1.195	1.359	1.277	-	2.994	2.249	2.621
22 u	-	1.648	1.691	1.669	-	2.587	3.074	2.830
24 u	-	1.763	1.543	1.633	-	3.820	3.096	3.458
			gem.	1.47 ± 0.05			gem.	2.52 ± 0.12

Tabel 14 : Fosfaatconcentraties in het water van de klok (in mg/l).

6.4.c. Het sediment

De fosfaatprofielen in het sediment zijn het minst geslaagd.

Voor juni beschikken we zelfs over geen enkele goede serie.

Voor september zien we dat in het zand fosfaat afneemt tot op 10 cm om dan opnieuw te stijgen, terwijl voor het slib de schommelingen groter zijn en eveneens met de diepte toenemen. (fig. 55, 56)

Uit deze schaarse gegevens blijkt dat de bodem eveneens een bron voor dit nutriënt is. (tabel 15, figuur 56).

ZAND			SLIB			
	na 18 u	24 u	0 u	12 u	18 u	24 u
0- 2 cm	4.938	3.852	2.360	0.477	5.394	-
2- 4 cm	2.842	-	5.021	2.998	5.925	-
4- 6 cm	1.155	1.630	5.372	-	4.704	-
6- 8 cm	0.093	1.076	6.427	0.154	6.728	-
8-10 cm	-	0.839	-	-	5.250	-
10-12 cm	2.562	-	1.245	-	-	-
12-14 cm	2.207	-	-	-	7.180	-

Tabel 15 : Fosfaatconcentraties van het interstitieel water (in mg/l).

7) Fluxen

Indien we de stijging en daling van de nutriëntconcentraties van de waterkolom en van het water van de klok vergelijken dan zien we dat nitriet en nitraat in de waterkolom toenemen, maar in de klok verdwijnen en dat ammoniak in beide gevallen stijgt (tabel 16).

		<u>nitriet</u>	<u>nitraat</u>	<u>ammoniak</u>	<u>fosfaat</u>
<u>kolom</u>	juni	toename	toename	toename	geen verandering
	sept.	toename	geen verandering	afname	geen verandering
<u>water</u>					
<u>klok</u>	juni	afname	afname	toename	geen verandering
	sept.	afname	afname	toename	toename

Tabel 16 : Samenvatting van het concentratieverloop van de verschillende nutriënten.

We kunnen deze tabel nu quantificeren door uit de trendlijnen van de klok de opname of afgave te berekenen uit de rechte stukken van de grafiek waar- bij we aannemen dat de concentratie lineair verandert met de tijd. De

flux van de opgeloste nutriënten kan berekend worden volgens de formule

$$\frac{V(C_o - C_T) \times 10^4}{A \cdot T} \quad (\text{Hargrave en Conolly 1978})$$

waarbij V het volume van het water in de klok is (in liter) C_o en C_T de concentraties (in liter⁻¹) vóór en na tijd T en A de oppervlakte van het sediment in de klok (in cm²).

Boven het zand hebben we een volume van 66,4 l en boven het slib 59,7 l terwijl de oppervlakte 3380 cm² bedraagt.

We hebben met deze cijfers de fluxen voor de stikstofnutriënten berekend daarvoor de fosfaat weinig veranderingen te konstaten zijn.

De fluxen zijn uitgedrukt in ug per uur en per m² (tabel 17).

	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₃
ZAND			
juni	-398	-372	829
sept.	-556	-1823	3012
SLIB			
juni	-47	-588	1128
sept.	-358	-1520	2451

Tabel 17: Fluxen van de stikstofnutriënten (in ugh⁻¹m⁻²)

Indien we deze cijfers omrekenen in mg N per dag en per m² krijgen we het volgende resultaat (tabel 18).

	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₃
ZAND			
juni	-9.55	-8.93	19.90
sept.	-13.34	-43.75	26.38
SLIB			
juni	-11.28	-14.11	27.07
sept.	-8.59	-36.48	58.82

Tabel 18: Fluxen van de nutriënten in mgNdag⁻¹m⁻²

Een extrapolatie over een volledig jaar geeft ons een idee van de stikstofbalans, al zijn we er ons van bewust dat op twee experimenten in een jaar moeilijk een jaarbeeld kan gemaakt worden (tabel 19).

	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₃	som
ZAND	-4.2	-9.6	+ 16.8	+ 3.0
SLIB	-3.6	-9.2	+ 15.7	+ 2.9

Tabel 19: Nutriëntenflux berekend op jaarbasis (in gNm⁻²j⁻¹).

Er blijkt een netto-flux van stikstof naar de waterkolom toe te zijn. Door de hoge fosfaatconcentratie, vinden we een N/P ratio van gemiddeld 0.28 voor juni en 0.61 voor september.

De afkomst van dit fosfaat is niet duidelijk. Een recent preëliminair onderzoek op ons laboratorium wees uit dat mogelijk het met detergenten verontreinigd Noord-Eede water, dat de Spuikom langs de sluisjes binnen-vloeit, hiervoor een bron kan zijn. Anderzijds werd reeds door Billen verondersteld dat het grondwater in contact komt met het interstitieel water van het Spuikomsediment en aldus een mogelijke input is. Dit zou eveneens verklaren waarom wij met de diepte stijgende nitriet en nitraat concentraties vinden daar waar andere auteurs (Billen 1975, Vanderborght & Billen 1975, Sørensen 1978) steeds een piek vinden in de bovenste centimeters, wat op een nitrificatie wijst, en daarna een duidelijke afname tot niet meer te dedecteren hoeveelheden constateren na ongeveer 6 cm diepte. Deze afname gebeurt door het denitrificatieproces waardoor een exponentiële afname van het nitraatprofiel optreedt (Vanderborght & Billen 1975).

Grundmains & Murray (1977) verkrijgen profielen die min of meer met de onze overeenstemmen. De nitriet en nitraatconcentraties dalen tot een diepte van 20 cm in het sediment. In de zone 20-30 cm verschijnt plots een piek waarna de concentraties opnieuw dalen. Ammoniak stijgt met de diepte tot de zone van 20-30 cm waar een daling van de ammoniak optreedt gevolgd door een stijging tot in de diepere centimeters. De auteurs aanvaarden een bioturbatie vooral veroorzaakt door een Maldanide Polychaet die tot 40 cm diepe gangen in het sediment graaft.

Door zijn bewegingen pompt deze soort nitraatrijk water van de waterkolom in het anaerobe sediment waar het nitraat na nitrificatie en/of denitrificatie door diffusie maar vooral door advectie uit deze zone verdwijnt.

Indien we dergelijke 'biologische pomp' kunnen aanvaarden, is een mogelijke benthische bewoner van het Spuikomsediment die diepe gangen graaft en het sediment verwerkt, *Arenicola marina*, eveneens een drilomorfe polychaet. Uit een studie op de sedimentverwerking van *Arenicola marina* (Cadée 1976) moeten we echter besluiten dat deze polychaet geen invloed heeft op het water van het sediment. Zoals verder blijkt, wordt *Arenicola marina* niet gevonden in het slib, zodat de gevonden profielen zeker niet door deze worm zijn beïnvloed. De inbreng van zoet water vanuit de bodem kan tevens een verklaring zijn voor de afwijkende pH waarden die zijn gemeten naarmate we de pH-meter dieper in de waterkolom brachten. Jammer genoeg zijn tegelijkertijd geen saliniteitsmetingen uitgevoerd.

Samenstelling van het benthos

Van de 24 uur cyclus van juni zijn alle stalen getrieerd en geteld; van de tweede cyclus is dit werk nog niet beëindigd.

1) Meiofauna

We beschikken over vier reeksen stalen nl op tijdstip 0, na 12 u en na 24 u in en buiten de klok. Telkens werd een replicaat genomen zodat in totaal 32 stalen zijn geanalyseerd.

Alle meiofaunagroepen die reeds eerder werden geïnventariseerd (Thielemans et al 1976) werden teruggevonden. We beperken ons bij de bespreking uitsluitend tot de Nematoda, Copepoda en Turbellaria.

a. Nematoda

De densiteiten van de Nematoden schommelen sterk volgens de staalnameplaats, zoals we dit reeds hebben opgemerkt. De horizontale verspreiding is heterogeen en sterk geaggregeerd, waarnemingen waarvan de oorzaken niet onmiddellijk duidelijk zijn.

We hebben de biomassa bepaald van de Nematoden door at random, 100 individuen uit te vissen en het drooggewicht ervan te bepalen bij 110° C. Uit het drooggewicht kan men het versgewicht berekenen door dit gewicht met een faktor vier te vermenigvuldigen (Wieser 1960) het koolstofgehalte door 1/10 van het versgewicht te nemen (Steele 1974) of 33 % van het drooggewicht zoals dit is bepaald voor de Harpacticide *Asellopsis intermedia* (Lasker et al 1970) en tenslotte het stikstofgehalte door 6.8 % van het drooggewicht te rekenen (Lasker et al 1970).

Tabel 20 verzamelt al deze gegevens voor het slib en het zand, terwijl tabel 21 de getallen geeft die specifiek voor de klok zijn omgerekend. Uit deze cijfers kunnen we enkele besluiten trekken : de aantallen Nematoden liggen hoger in het zand dan in het slib, wat aanvaardbaar is gezien de geoxideerde zone zich dieper in het zand uitstrekt dan in het slib. Dit verschil nemen we duidelijk waar wanneer we de core onderverdelen in de bovenste 4 cm en de rest. In het slib zijn alle Nematoden teruggevonden in deze bovenste vier cm, daar waar in het zand nog belangrijke aantallen voorkomen beneden de 4 cm.

De biomassa daarentegen is groter op het slib dan op het zand. Dit is aan de verschillende faunistische samenstelling te wijten. De Nematoden van het zand zijn kleiner en hebben een gemiddeld drooggewicht van 0.20 ug, terwijl de Nematoden van het slib groter en zwaarder zijn en een gemiddeld drooggewicht van 0.91 ug bezitten.

ZAND

	aantal/m ²	drooggew. (g/m ²)	versgew. (g/m ²)	gC/m ²	gN/m ²
0 u	2214000	0.443	1.772	0.46	0.030
na 12 u	3333000	0.667	2.667	0.260	0.045
24 u	-	-	-	-	-
binnen klok	5288000	1.058	4.230	0.349	0.072
buiten klok	2599000	0.520	2.079	0.172	0.035
gemiddelde	3358000	0.672	2.688	0.221	0.046

SLIB

	aantal/m ²	drooggew. (g/m ²)	versgew. (g/m ²)	gC/m ²	gN/m ²
0 u	1164000	1.048	4.190	0.346	0.071
na 12 u	1182000	1.076	4.302	0.355	0.073
24 u	-	-	-	-	-
binnen klok	1150000	1.047	4.186	0.346	0.071
buiten klok	817000	0.744	2.975	0.245	0.051
gemiddelde	1078250	0.979	3.913	0.323	0.067

Tabel 20 : Densiteiten, droog- en versgewicht, koolstof- en stikstofgehalte van Nematoden (in g/m²).

	aantal	drooggewicht	versgewicht	mgC	mgN
slib	271081	248	992	82	17
zand	862348	173	693	57	12

Tabel 21 : Densiteiten, droog- en versgewicht, koolstof- en stikstofgehalte van Nematoden omgerekend naar de oppervlakte van de klok (in mg).

b. Harpacticoide Copepoden

De Harpacticoide fauna wordt gedomineerd door één soort nl. *Canuella perplexa* die meestal 100 % van deze fauna in het staal uitmaakt en die we in uitzonderlijke aantallen op de slibplaats hebben teruggevonden.

Op het zand telden we gemiddeld 920 individuen per staal, terwijl op het slib gemiddeld 3739 individuen aanwezig waren. Deze aantallen moeten zowat de hoogste zijn in de literatuur beschreven voor één enkele soort in een natuurlijk biotoop. Het is zelfs uitzonderlijk dat ze de Nematoden in aantal overtreffen, waar deze laatste bijv. voor de zuidelijke Noordzee 85 % van de meiobenthische fauna uitmaken (Van Damme-Heip 1977).

Een mogelijke verklaring voor deze hoge densiteiten op het slib kan misschien gegeven worden door het feit dat de bodem van de Spuikom volledig met *Ulva* was bedekt en dat hiertussen naar open plekken is gezocht om een bodemstaal te nemen. De milieuomstandigheden onder dit *Ulva*-bed zijn misschien minder geschikt zodat de organismen zich gaan concentreren daar waar geen *Ulva* ligt.

Op deze plekken vinden we dan dense aggregaten van *Camuella*. Dit is echter een vermoeden dat we niet kunnen toetsen aangezien we geen staal hebben dat doorheen de *Ulva* gaat. Het is bijgevolg misschien niet helemaal korrekt deze cijfers over een vierkante meter te extrapoleren.

De fluctuaties die we in de aantallen vinden zijn niet aan een dag-nacht ritme te wijten, zoals dat voor enkele planktonische soorten van de Spuikom is beschreven (Hauspie & Polk 1971), maar aan de horizontale verspreiding van deze soort. De populatie in juni bestaat hoofdzakelijk uit juvenielen waarbij er een licht onderscheid bestaat tussen slib en zand. In het slib zijn gemiddeld 97 % juvenielen aanwezig, tegen 86 % in het zand. Binnen de copepodieten vinden we in het slib 63 % copepodieten III en 27 % copepodieten IV, terwijl in het zand 10 % copepodieten III en 56 % copepodieten IV. Dit zou op een verschillende ontwikkelingssnelheid naargelang het sediment wijzen.

	♂	♀	♀ ei	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	TOTAAL
aantal/m ²	60500	42000	14500	254500	345500	98000	2500	7500	825000
drooggew./m ²	0.284	0.311	0.141	0.708	0.484	0.484	0.001	0.003	2.016
versgew./m ²	1.136	1.244	0.564	2.832	1.936	0.336	0.336	0.004	8.064
0 u gC/m ²	0.094	0.103	0.046	0.234	0.160	0.028	0.0003	0.001	0.666
gN/m ²	0.019	0.021	0.010	0.048	0.033	0.006	-	-	0.137
aantal/m ²	47500	37000	10500	231500	304500	44000	-	-	674000
drooggew./m ²	0.223	0.274	0.102	0.664	0.425	0.038	-	-	1.706
versgew./m ²	0.892	1.096	0.408	2.576	1.700	0.152	-	-	6.820
na 12u gC/m ²	0.073	0.090	0.034	0.212	0.140	0.012	-	-	0.561
gN/m ²	0.015	0.019	0.007	0.043	0.029	0.003	-	-	0.116
aantal/m ²	101000	55500	16000	428500	832000	145500	7500	3000	1589000
drooggew./m ²	0.475	0.411	0.155	1.191	1.165	0.125	0.004	0.001	3.527
versgew./m ²	1.900	1.644	0.620	4.764	4.660	0.500	0.016	0.004	14.108
na 24u gC/m ²	0.157	0.136	0.005	0.393	0.384	0.004	-	-	1.709
buiten klok gN/m ²	0.032	0.028	0.001	0.081	0.079	0.001	-	-	0.240
aantal/m ²	2400	2000	2500	143000	343500	52500	1500	6500	593500
drooggew./m ²	0.113	0.148	0.024	0.397	0.481	0.045	0.001	0.003	1.212
versgew./m ²	0.452	0.592	0.096	1.588	1.924	0.180	0.004	0.012	4.848
binnen klok gC/m ²	0.037	0.049	0.008	0.131	0.159	0.015	-	0.001	0.400
gN/m ²	0.008	0.010	0.002	0.027	0.033	0.003	-	-	0.083
SLIB									
aantal/m ²	47500	18500	7000	27000	928500	2263500	210500	32500	3535000
drooggew./m ²	0.223	0.137	0.068	0.075	1.300	1.947	0.118	0.014	3.882
versgew./m ²	0.892	0.548	0.272	0.300	5.200	7.788	0.472	0.056	15.528
0 u gC/m ²	0.074	0.045	0.022	0.025	0.429	0.642	0.038	0.005	1.280
gN/m ²	0.015	0.009	0.005	0.005	0.088	0.132	0.008	0.001	0.263
aantal/m ²	50000	10500	2500	15500	738500	2167500	363000	30000	3377000
drooggew./m ²	0.235	0.078	0.024	0.043	1.034	1.873	0.203	0.013	3.503
versgew./m ²	0.940	0.312	0.096	0.172	4.136	7.492	0.812	0.052	14.012
na 12u gC/m ²	0.077	0.026	0.008	0.014	0.341	0.618	0.067	0.004	1.155
gN/m ²	0.016	0.005	0.002	0.003	0.070	0.127	0.014	0.001	0.238
aantal/m ²	116500	47500	18500	38500	1075500	1914000	85500	2500	3299000
drooggew./m ²	0.548	0.351	0.189	0.107	1.506	1.646	0.048	0.001	4.396
versgew./m ²	2.192	1.404	0.756	0.428	6.024	6.584	0.192	0.004	17.584
na 24u gC/m ²	0.181	0.116	0.062	0.035	0.497	0.543	0.016	-	1.450
buiten klok gN/m ²	0.037	0.024	0.013	0.007	0.102	0.112	0.003	-	0.298
aantal/m ²	46000	19000	8000	26000	1134000	2918000	569500	21500	4742000
drooggew./m ²	0.216	0.141	0.078	0.072	1.588	2.510	0.319	0.010	4.934
versgew./m ²	0.864	0.564	0.312	0.288	6.352	10.040	1.276	0.040	19.732
binnen klok gC/m ²	0.071	0.047	0.026	0.024	0.524	0.828	0.105	0.003	1.625
gN/m ²	0.015	0.009	0.005	0.005	0.108	0.171	0.002	0.001	0.530

Tabel 22 : Densiteiten, drooggewichten, versgewichten, koolstof- en stikstofgehalte (in g/m²) van adulten en copepodieten van *Canuella perplexa*.

ZAND

	♂	♀	♀ei	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	Totaal
aantallen	7963	6636	829	47447	113973	17419	498	157	196922
drooggew.	37.7	49.3	8.0	132.3	160.3	15	0.3	1	404
versgew.	151	197	32	529	641	60	1.2	4	1616
mgC	12.4	16.3	2.6	43.7	52.9	5	0.1	0.3	133.3
mgN	2.6	3.3	0.5	0.9	10.9	1.0	0.002	0.07	27.3

SLIB

aantallen	15263	6304	2654	8627	376261	968192	188960	7133	1573394
drooggew.	72	47	26	24	529	837	160	3	1644
versgew.	288	188	104	96	116	3348	424	12	6576
mgC	23.8	15.5	8.6	8.0	174.6	276.2	35	1	542.7
mgN	4.9	3.2	1.8	1.6	36	56.9	7.2	0.2	112.1

Tabel 23 : Densiteiten, vers-en drooggewichten, koolstof-en stikstofgehalten van adulten en juvenielen van *Canuella perplexa*, omgerekend naar de oppervlakte van de klok (in mg).

c. Turbellaria

Het is steeds een probleem in gefixeerde stalen de 'soft body'-meiofauna te onderscheiden. De aantallen Turbellaria die we opgeven zijn vooral herkenbare Acoela en Proseriate vormen. Om een idee van hun biomassa te krijgen hebben we er een aantal gewogen en komen tot een gemiddeld drooggewicht van 1.5 ug/ind.

Voor de zuidelijke Noordzee geeft men de waarde 2.35 ug/ind. op (Van Damme-Heip 1977). De gemiddelde densiteit voor het zand bedraagt 110.000 ind./m² en voor het slib 111.000, wat hoge getallen zijn in vergelijking met de zuidelijke Noordzee waar gemiddeld 17149 ind./m² werden geteld (Van Damme-Heip 1977).

De variatie van de densiteiten is tussen de verschillende staalnames bijzonder groot.

ZAND					SLIB			
	aantal/m ²	drooggew. (mg/m ²)	mgC/m ²	mgN/m ²	aantal/m	drooggew. (mg/m ²)	mgC/m ²	mgN/m ²
0 u	168000	252	83.2	17.1	41000	61.5	20.3	4.2
na 12 u	65000	97.5	32.2	6.6	5000	7.5	2.5	0.5
na 24 u	-	-	-	-	-	-	-	-
buiten klok	19000	135	44.6	9.2	111000	166	54.8	11.3
binnen klok	116000	174	57.4	11.8	31000	46.5	15.3	3.2
gemiddelde	111000	165	54.4	11.2	47000	70.4	23.2	4.8

Tabel 24 : Densiteiten, droog- en versgewicht, koolstof en stikstofgehalte van Turbellarien (in mg/m²).

Respiratie

Voor de Nematoda en Copepoda kunnen we aan de hand van literatuurgegevens respiratiewaarden benaderend berekenen.

Ott en Schiemer (1973) geven voor 25 soorten mariene Nematoden de volgende regressieformule :

$$R = 0.636 W^{0.987}$$

waarbij R de respiratie in nl/uur is en W het versgewicht in ug.

Indien we onze gegevens hierin passen dan vinden we een respiratie van 0.51 nlO₂/ uur.ind. voor het zand en 2.28 nlO₂/uur.ind. voor het slib. Aangezien dit de respiratie weergeeft bij 20° C, moeten we een correctiefactor invoeren, gegeven door Winberg (1971), om de waarde bij 15° C te krijgen. Omgerekend tot 24 u geeft dit 7.8 nlO₂/ind.dag voor het zand en 34.8 nlO₂/dag.ind. voor het slib. De waarden per vierkante meter en voor de klok worden gegeven in tabel 27.

ZAND		SLIB	
binnen de klok	6.7 mlO ₂ /dag	binnen de klok	9.4 mlO ₂ /dag
buiten de klok	26.2 mlO ₂ /dag.m ²	buiten de klok	37.6 mlO ₂ /dag.m ²

Tabel 25 : Respiratiewaarden van de Nematoden bij 15° C

Om een vergelijking met de zuidelijke Noordzee te kunnen maken moeten we deze cijfers extrapoleren tot een volledig jaar. Dit geeft ons dan 9.6 l/O₂.m².jaar voor het zand en 13.7 l/O₂/m².jaar voor het slib. Voor de Noordzee vindt men gemiddeld 10.89 lO₂/m².jaar (Van Damme-Heip 1977).

Voor de Copepoda gebruiken we de gegevens van Lasker et al. (1970) die voor de endobenthische soort *Asellopsis intermedia* 1.5 n10₂/ug drooggew. uur vinden. Omgerekend naar 15° C en naar 24 uur geeft dit 22.9 n10₂/ug drooggew.dag. De waarden voor de klok en per vierkante meter zijn gegeven in tabel 26.

ZAND		SLIB	
buiten de klok	54.7ml0 ₂ /dag	buiten de klok	89.9ml0 ₂ /dag
binnen de klok	9.25 ml0 ₂ /dag	binnen de klok	38.1 ml0 ₂ /dag

Tabel 26 : Respiratie van *Canuella perplexa* bij 15° C.

We zullen deze cijfers op jaarbasis vergelijken met de Noordzee. Voor het zand vinden we dan 20.010₂/m².jaar en voor het slib 32.8 10₂/m².jaar. Voor de Noordzee werd 0.571 10₂/m².jaar gevonden. Onze cijfers moeten we met de nodige omzichtigheid benaderen. Gezien de hoge densiteiten en bijgevolg de grote drooggewichten die we in juni vinden, wordt de respiratie op een bijzonder hoge waarde geschat. Davies (1975) vindt voor het meio-benthos 21.91 0₂/m².jaar en Smith et al. (1972) 3.73 10₂/jaar. Deze waarden liggen beduidend lager en zijn waarschijnlijk realistischer.

Macrobenthos

Voor het macrobenthos moeten we ons voorlopig beperken tot het opgeven van de densiteiten voor juni. Aangezien vele juveniele individuen werden gevonden, is het belangrijk metingen en biomassabepalingen uit te voeren. Uit de juni gegevens kunnen we alvast konstaten dat het zand een rijkere fauna bezit dan het slib. In de klok op het slib was een kleine hoeveelheid *Ulva* aanwezig waarop een belangrijk aantal *Polydora* vastzaten. Die worden in tabel 27 apart vermeld.

ZAND			SLIB		Ulva
	a	b	a	b	
Capitelliden	40	71	25	6	-
Spioniden	9	87	-	-	-
Polydora ciliata	35	129	9	62	118
Anaitides sp.	1	-	-	-	-
Arenicola marina	4	9	-	-	-
Cerastoderma edulis	28	193	10	139	-
Mya arenaria	-	-	-	1	-
Hydrobia	1	6	-	10	-
Nassarius reticulatus	2	6	2	-	-
Oligochaeta	1	-	7	1	-
Anemoon	-	-	-	-	22

Tabel 27 : Gemiddelde aantallen per staal ($a = 78.5 \text{ cm}^2$) en reële aantallen in de klok ($b = 3380 \text{ cm}^2$).

Gegevens over macrobenthische respiraties zijn eveneens gering, zodat we voorlopig op dit specifiek probleem niet ingaan.

Besluit

Uit de twee eerste experimenten is het vormen van een coherent beeld nog niet mogelijk. Hiaten die bestaan zullen deels door methodologische verbeteringen, maar zeker door aanvullende gegevens kunnen opgeheven worden. Hierbij denken we dan vooral aan experimenten waarbij nog een klok bijgeplaatst moet worden die het effect van het sediment uitschakelt, zodat we alleen de werking van het water in de klok kunnen registreren.

In een volgend syntheseverslag zullen de resultaten bekomen van de primaire produktie, bacteriële werking in het water en respiraties van plankton en benthos met onze gegevens worden vergeleken.

Bibliografie

- BERNER R.A. 1971. Principles of chemical sedimentology. McGraw-Hill N.Y.
- BERNER R.A. 1974. Kinetic models for the early diagnosis of N, S, P, Si in anoxic marine sediments, in the Sea, Ed. E.D. Goldberg, Vol. 5, Marine Chemistry, Interscience.
- BILLEN G. 1977. Het kompartiment opgeloste stikstofhoudende nutriënten. Mathematisch Model van de Noordzee. Eindverslag deel 8, Hoofdstuk II, 19-29.
- BILLEN G. & VANDERBORGHT J.P. & WOLLAST R. 1977. Modèles diagénétiques des substances nutritives dans les sédiments marins côtiers. Projekt Zee. Eindverslag Vol. 4 Sedimentologie, Hoofdstuk 4 : 180-225.
- CADEE G.C. 1976. Sediment reworking by *Arenicola marina* on tidal flats in Dutch Wadden Sea. *Neth.J.Sea Res.* 10 : 440-460.
- DAVIES J.M. 1975. Energy flow through the benthos in a Scottish Sea Loch. *Marine Biology* 31 : 353-362.
- GRUNDMANIS V. & MURRAY J.W. 1977. Nitrification and denitrification in marine sediments from Puget Sound. *Limnol. & Oceanogr.* 22 : 804-813.
- HARGRAVE B.T. & CONOLLY G.F. 1978. A device to collect water for measurement of the dissolved compounds across sediment surfaces. *Limnol. & Oceanogr.* 23 : 1006-1010.
- HAUSPIE R. & POLK Ph. 1971. Swimming behaviour in certain benthic Harpacticoids (Copepoda). *Crustaceana* 25 : 95-103.
- LASKER R. & WELLS J.B.J. & Mc INTYRE A.D. 1970. Growth, reproduction, respiration and carbon utilization of the sand-dwelling harpacticoid Copepod *Asellopsis intermedia*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 50 : 147-160.
- NIXON S.W. & OVIATT C.A. & HALE S.S. 1976. Nitrogen regeneration and metabolism of coastal marine bottom communities. 17th Symposium of the British Ecological Society. Ed. J.M. Anderson & Macfayden A. 269-283.
- OTT J. & SCHIEMER F.S. 1973. Respiration and anaerobiosis of free-living nematodes from marine and limnic sediments. *Neth. J. Sea Res.* 7 : 233-243.

- RITTENBERG S.C. & EMERY K.O. & ORR W.L. 1955. Regeneration of nutrients in sediments of marine basins. *Deep Sea Research* 3 : 23-45.
- ROWE G.T. & CLIFFORD C.H. & SMITH K.L. Jr. 1975. Benthic nutrient regeneration and its coupling to primary productivity in coastal waters. *Nature* Vol. 255 : 215-217.
- SLAWYCK G. & MAC ISAAC J.J. 1972. Comparison of two automated ammonium methods in a region of coastal opwelling. *Deep Sea Research* 191 : 001-007.
- SMITH K.L. Jr. & BURNS K.A. & TEAL J.M. 1972. In situ respiration of benthic communities in Castle Harbor, Bermuda. *Marine Biology* 12 : 196-199.
- SØRENSEN J. 1978. Denitrification rates in a marine sediment as measured by the acetylene inhibition technique. *Applied and Environmental Microbiology* Vol. 36 : 139-143.
- STEELE J.H. 1974. The structure of marine ecosystems. Harvard University Press Cambridge, Mass.
- STRICKLAND J.D.H. & PARSONS 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd Can.* 167.
- THIELEMANS L. & HEIP C. & VERDONCKT M. 1978. Vrijlevende nematoden van de Spuikom te Oostende. *Izwo Mededelingen* 8ste Jaar, Deel I.
- VAN DAMME D. & HEIP C. 1977. Meiobenthos in de Zuidelijke Noordzee. Mathematisch model van de Noordzee. Eindverslag Vol. 8 : 121-166.
- VANDERBORGHT J.P. & BILLEN G. 1975. Vertical distribution in interstitial water of marine sediments with nitrification and denitrification. *Limnol. & Oceanogr.* 20 : 953-961.
- WIESER W. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. II. The meiofauna. *Limnol. & Oceanogr.* 5 : 121-137.
- WINBERG G.G. 1971. Methods for the estimation of production of aquatic animals. Academic Press, London, New-York.
- WOLLAST R. 1977. Propriétés physico-chimiques des sédiments et des suspensions de la mer du Nord. Mathematisch Model van de Noordzee. Eindverslag Vol. 4 : 139-159.

Lijst der figuren

Gebruikte symbolen :

datum 290678 of 260978

CZ : core zand

CS : core slib

WZN : waterkolom zand nutriënten

WSN : waterkolom slib nutriënten

KZN : klok zand nutriënten

KSN : klok slib nutriënten

o : staalwaarden

: trendlijnen

Figuur 1 : Korrelanalyse zand

Figuur 2 : Korrelanalyse slib

Figuur 3 : Organische koolstof voor het zand in juni

4 : Organische koolstof voor het slib in juni

5 : Organische koolstof voor het zand in september

6 : Organische koolstof voor het slib in september

7 : Nitrietconcentratie van de waterkolom boven het zand in juni

8 : slib in juni

9 : zand in september

10 : slib in september

11 : in de klok boven het zand in juni

12 : slib in juni

13 : zand in september

14 : slib in september

15 : Profiel van de nitrietconcentratie in het sediment (na 8 uur)

16 : (na 8 uur)

17 : (na 20 uur)

18 : (na 20 uur)

19 : (na 20 uur)

20 : (na 24 uur)

21 : Nitraatconcentratie van de waterkolom boven het zand in juni

22 : slib in juni

23 : zand in september

24 : slib in september

25 : Nitraatconcentratie in de klok boven het zand in juni

26 : slib in juni

27 : zand in september

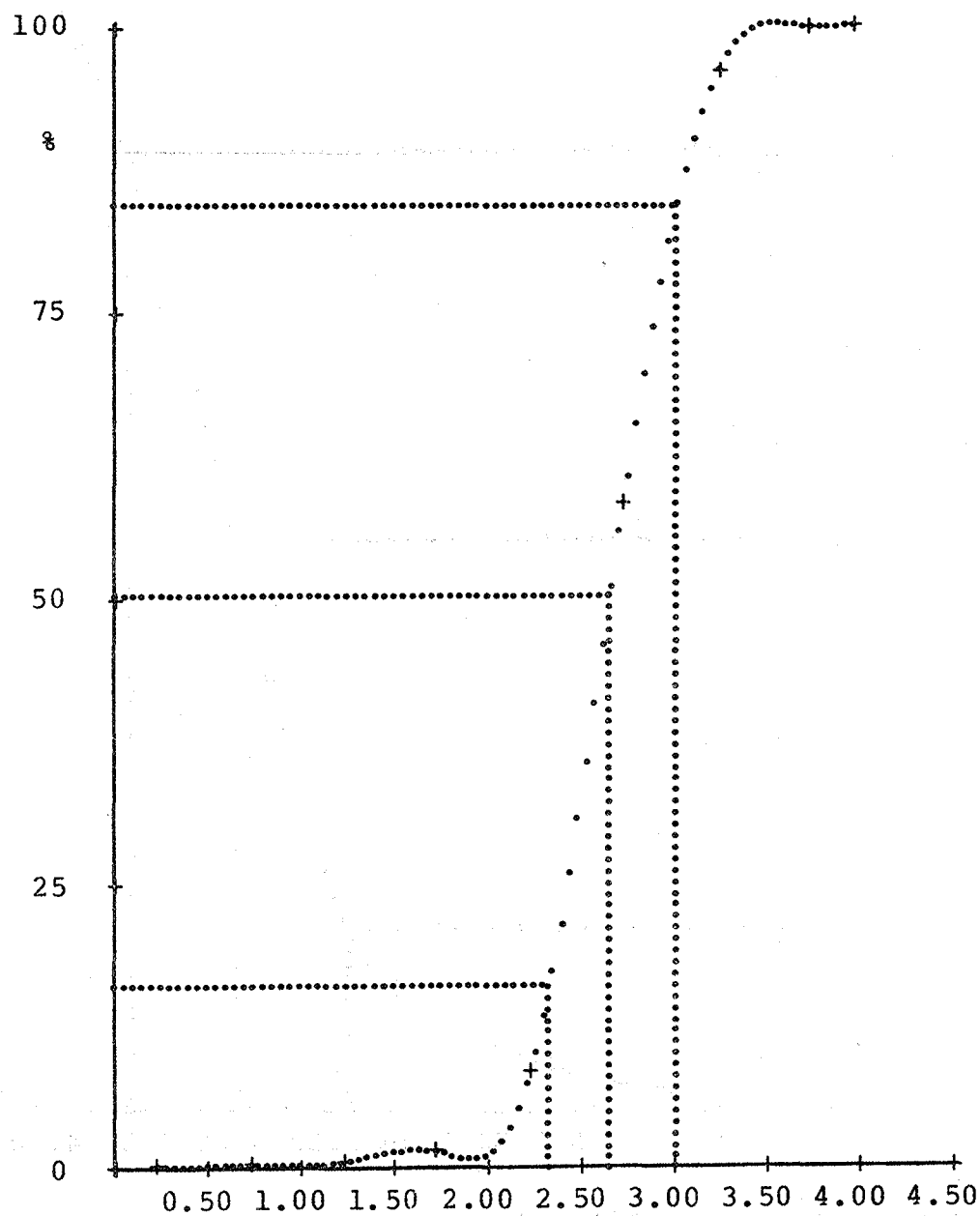
28 : slib in september

- 29 : Profiel van de nitraatconcentratie in het sediment (na 8 uur)
30 : (na 20 uur)
31 : (na 20 uur)
32 : (na 2 uur)
33 : Ammoniakconcentratie in de waterkolom boven het slib in juni
34 : zand in juni
35 : zand in september
36 : slib in september
37 : Ammoniakconcentratie in de klok boven het zand in juni
38 : slib in juni
39 : zand in september
40 : slib in september
41 : Profiel van de ammoniakconcentratie in het sediment (2 uur)
42 : (24 uur)
43 : (2 uur)
44 : (20 uur)
45 : (2 uur)
46 : (20 uur)
47 : Fosfaat-concentratie in de waterkolom boven het zand in juni
48 : slib in juni
49 : zand in september
50 : slib in september
51 : Fosfaat-concentratie in de klok boven het zand in juni
52 : slib in juni
53 : zand in september
54 : slib in september
55 : Profiel van de fosfaatconcentratie in het sediment (na 20 uur)
56 : (na 2 uur)

STAAL:SPUIKOM ZAND 1978

Korrelgrootteanalyse

Zandfraktie 0.063-2.000 mm



MED.KORRELGROOTTE: 2.663 phi
0.158 mm

SPREIDING: 0.421

SCHEEFHEID: 0.381

% SLIB: 0.26

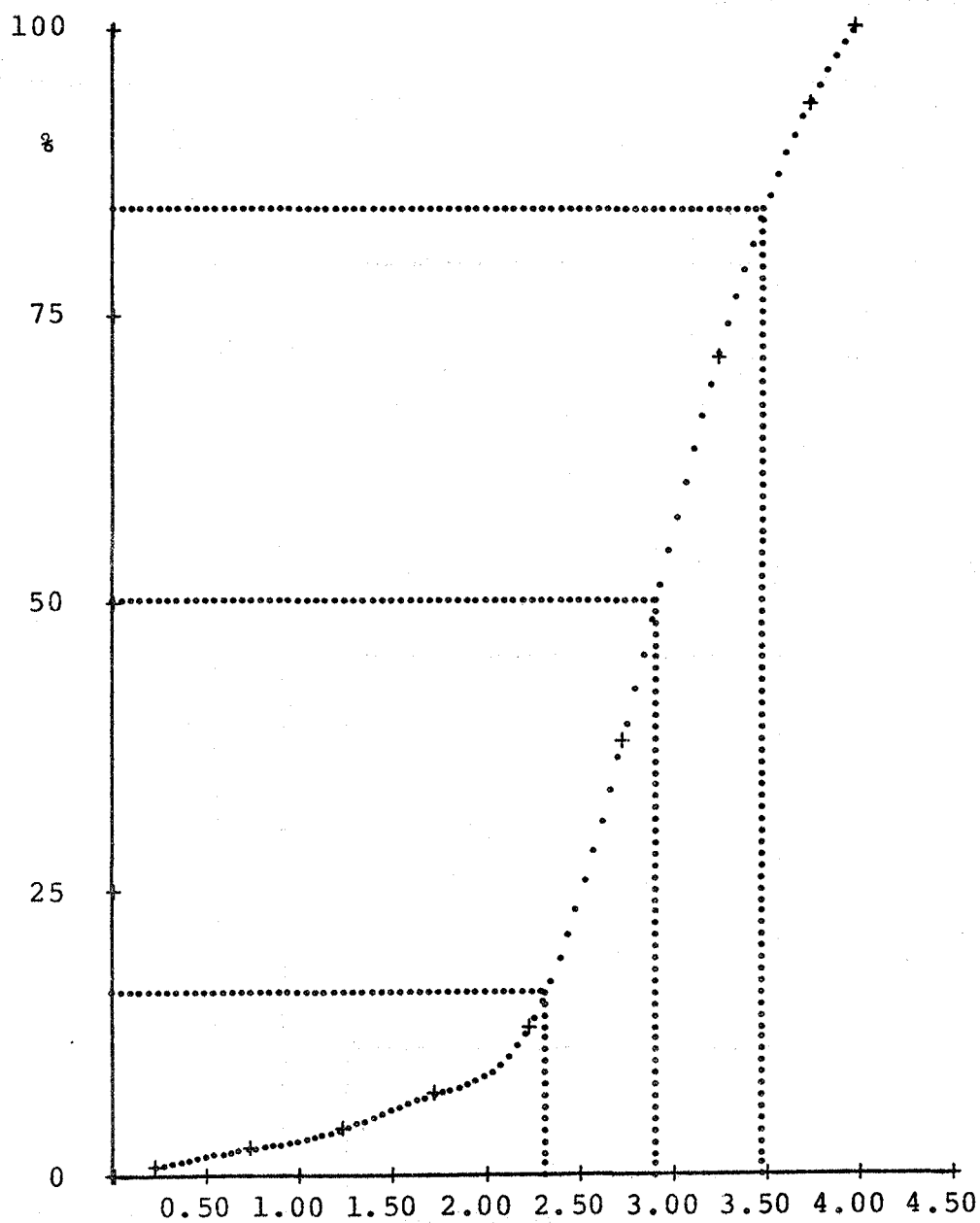
% GRINT: 0.00

Fig. 1

STAAL:SLIB SPUIKOM SEP 1978

Korrelgrootteanalyse

Zandfraktie 0.063-2.000 mm



MED.KORRELGROOTTE: 2.920 phi
0.132 mm

SPREIDING: 0.434

SCHEEFHEID: 0.367

% SLIB: 43.39

% GRINT: 0.00

Fig. 2

Torganische C
290678
CZ
Mean and standard error

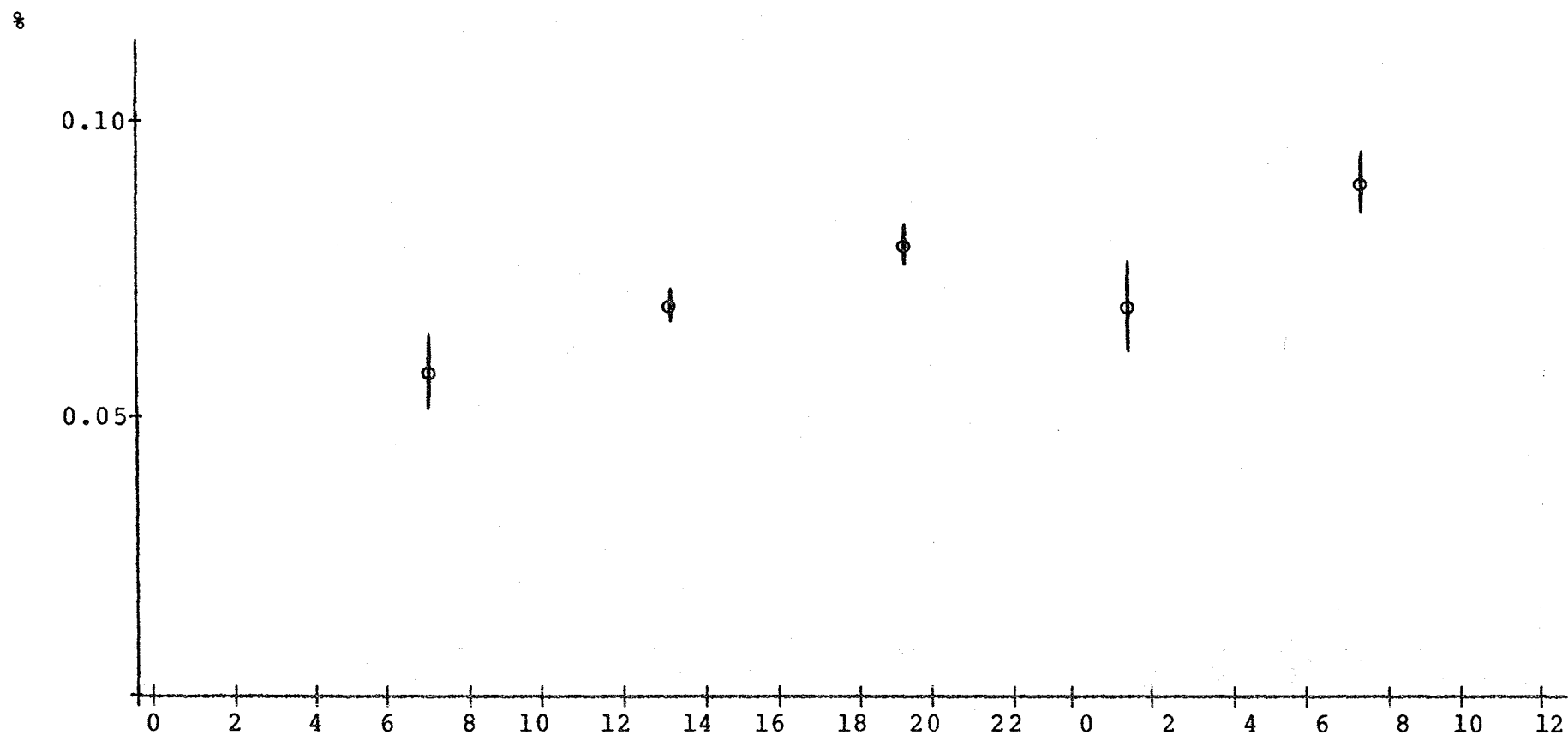


Fig. 3

Torganische C
290678
CS
Mean and standard error

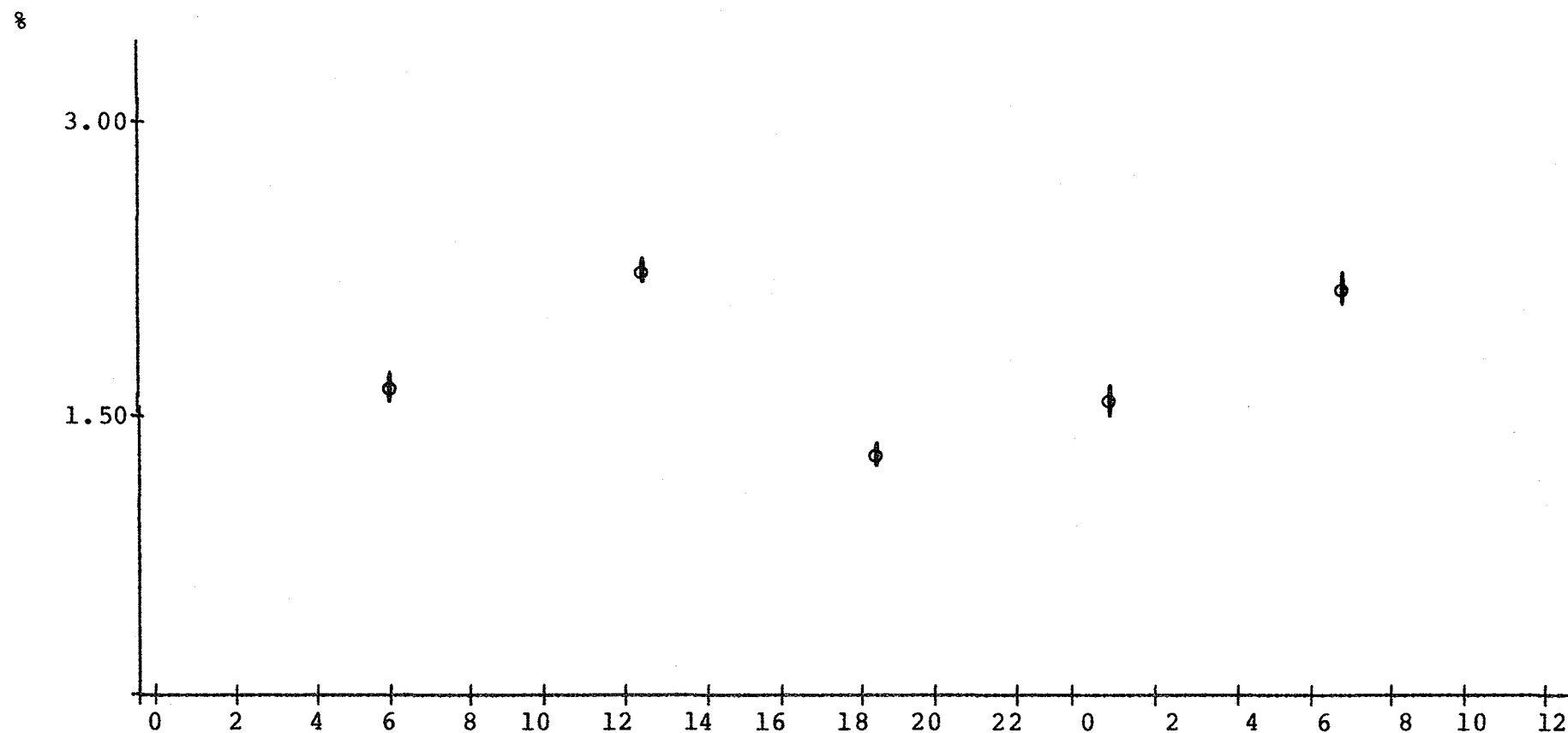


Fig. 4

TOrganische C
260978
CZ
Mean and standard error

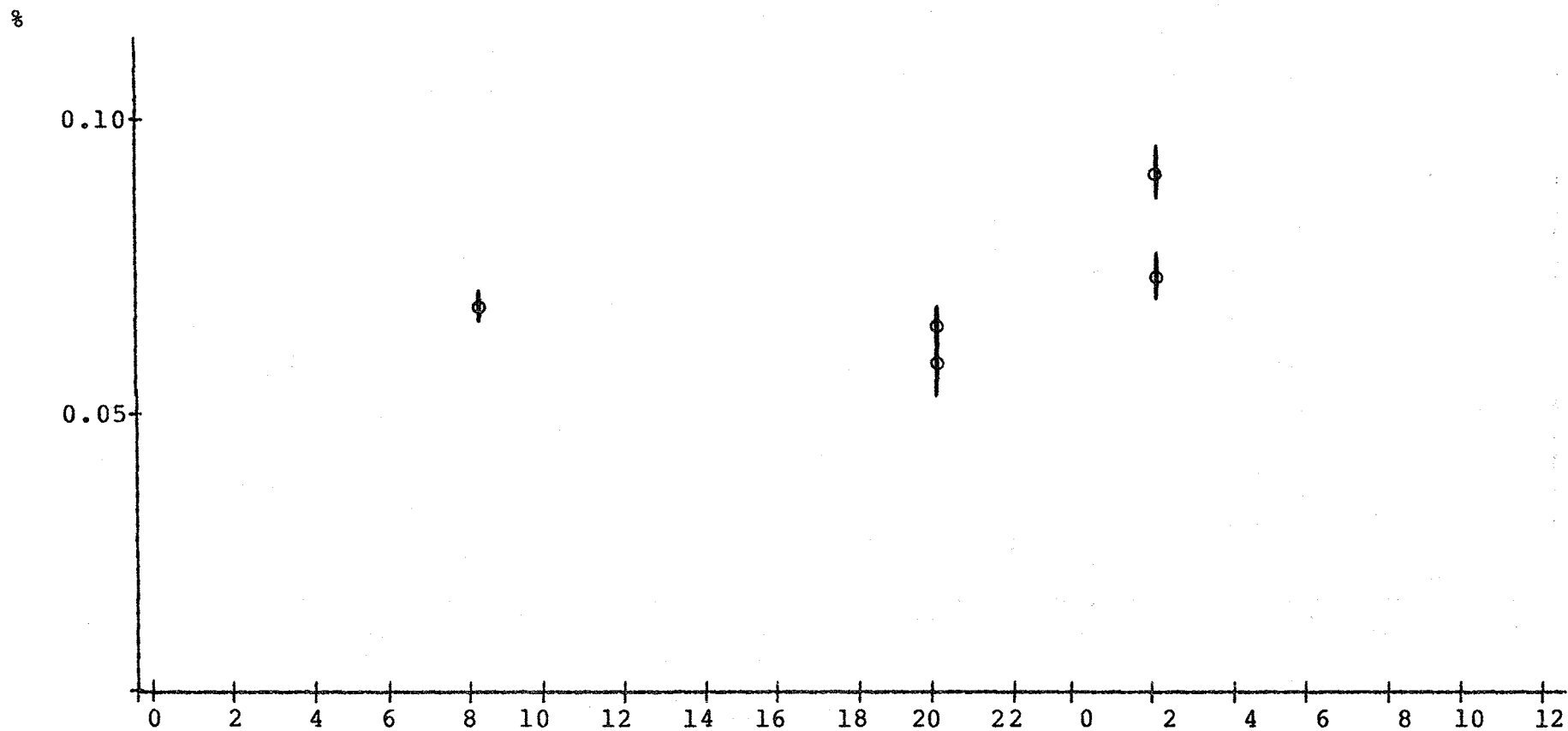


Fig. 5

TOrganische C
260978
CS
Mean and standard error

C organisch

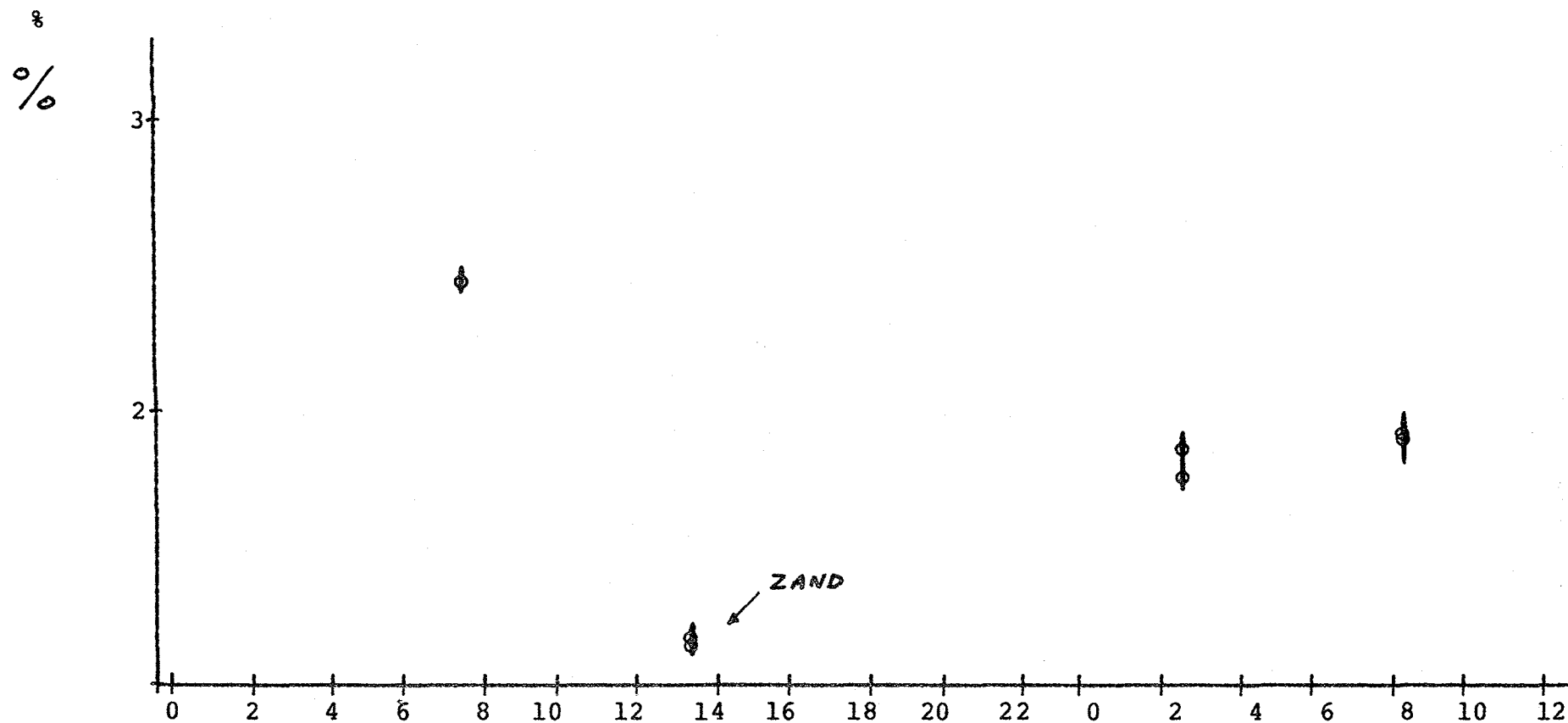


Fig. 6

Nitriet

290673

WZN

Sample and trendline values

ug/l

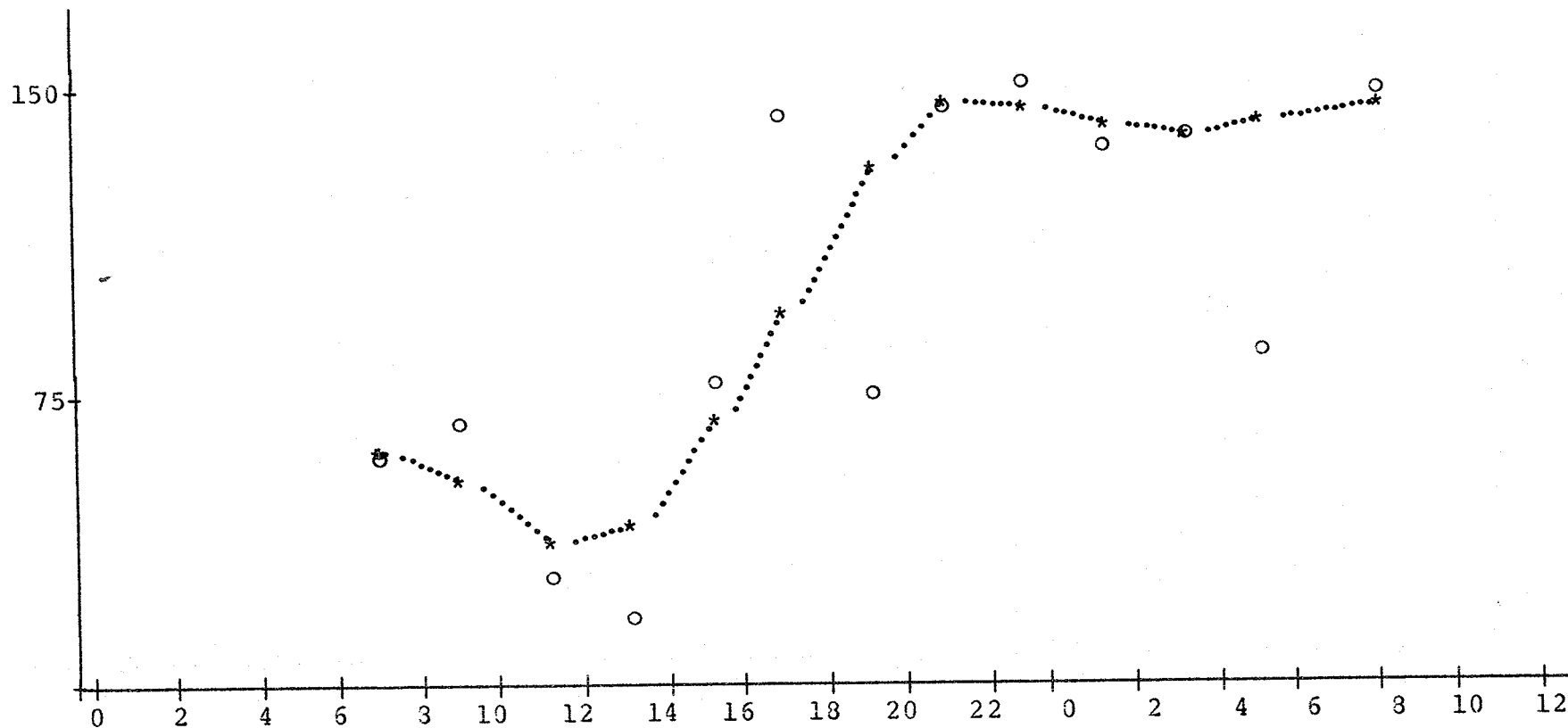


Fig. 7

Nitriet
290573
WSN
Sample and trendline values

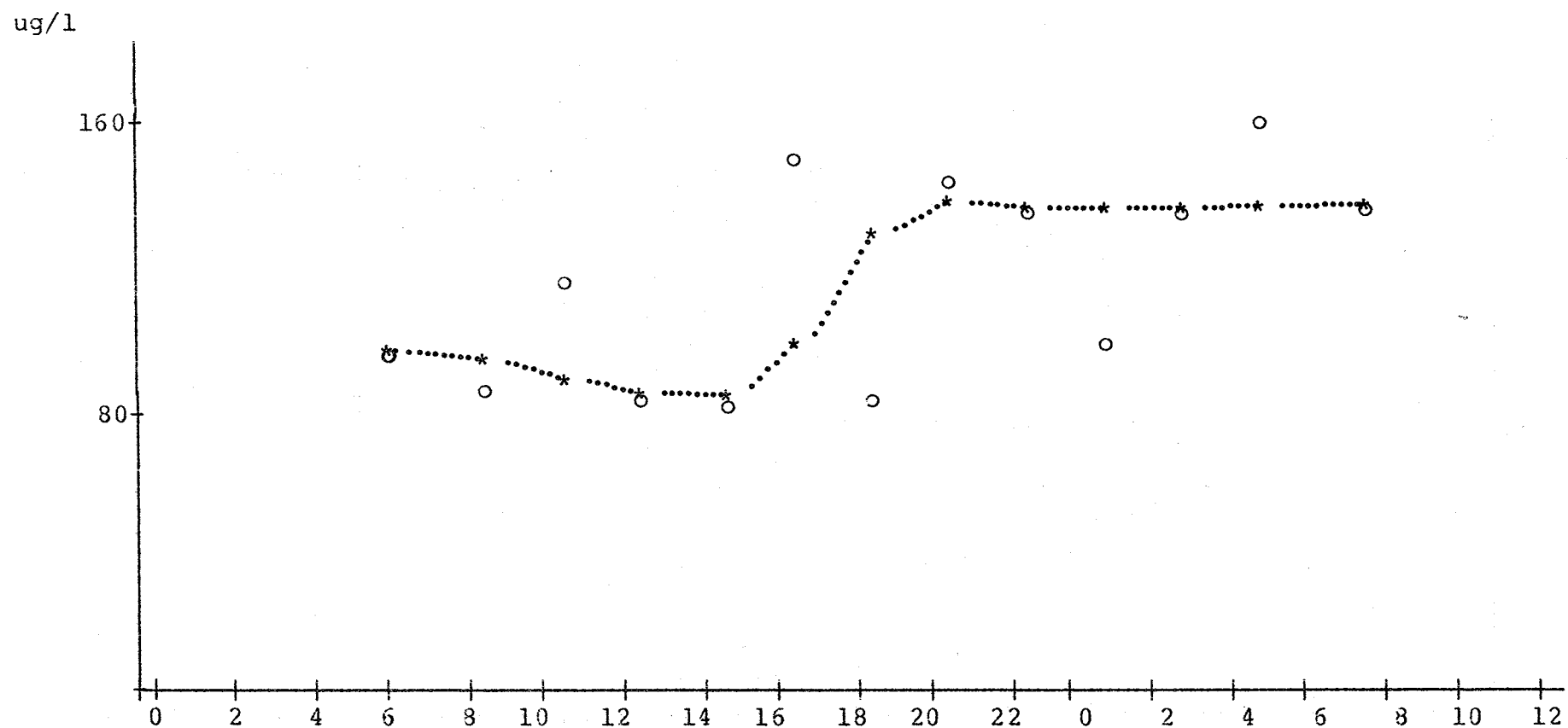


Fig. 8

Nitriet
250978
WZN
Sample and trendline values

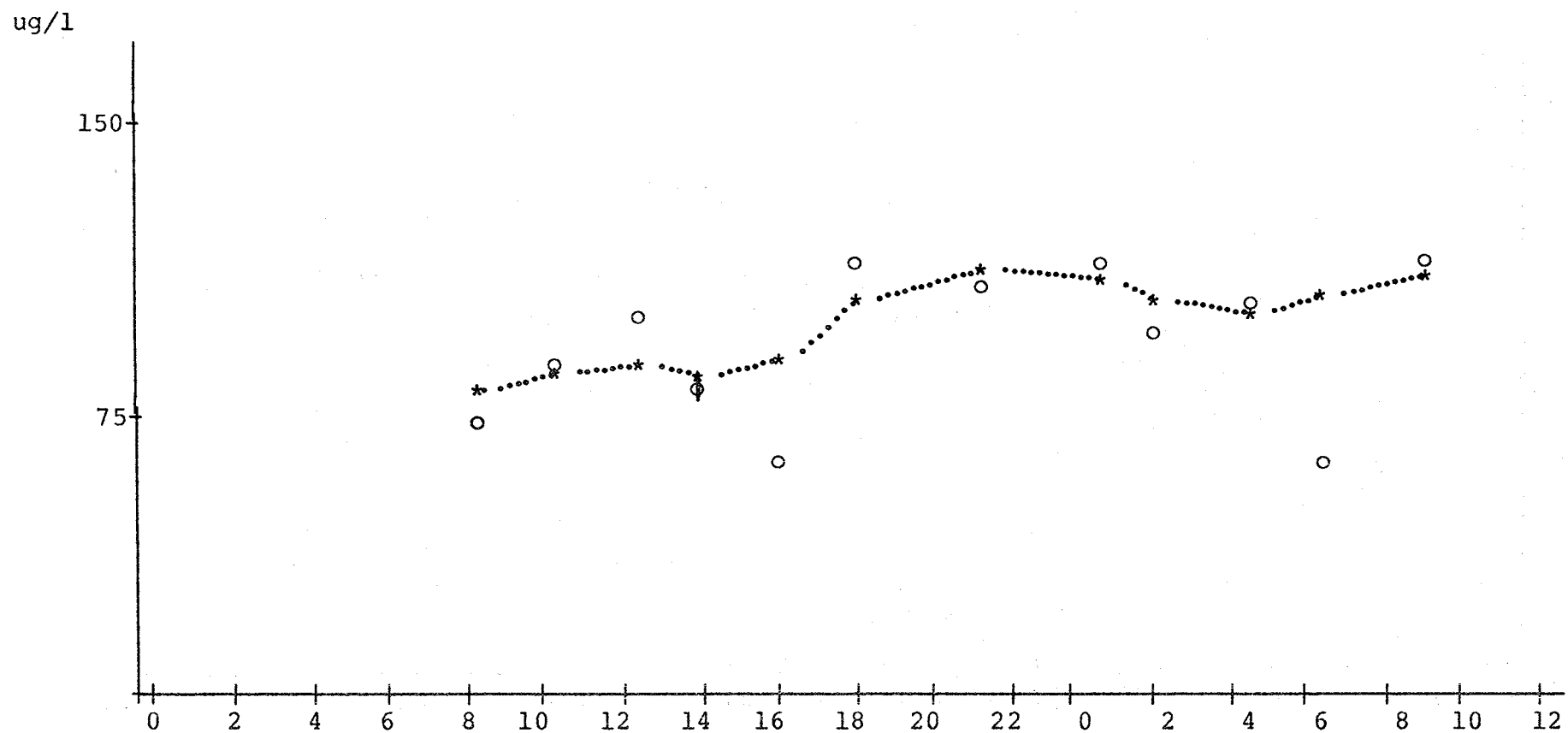


Fig. 9

Nitriet
250978
WSN
Sample and trendline values

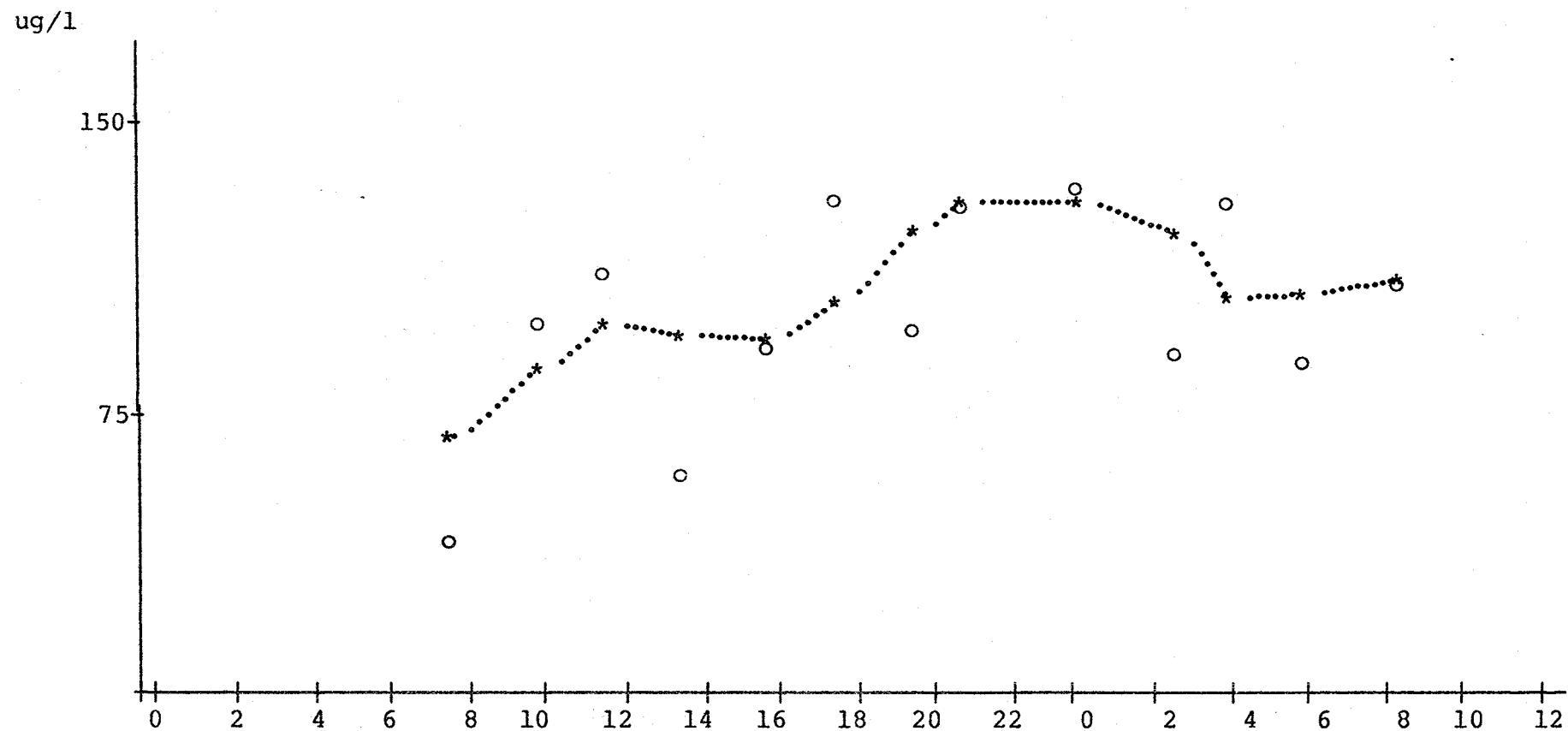


Fig. 10

Nitriet
290678
KZN
Sample and trendline values

ug/l

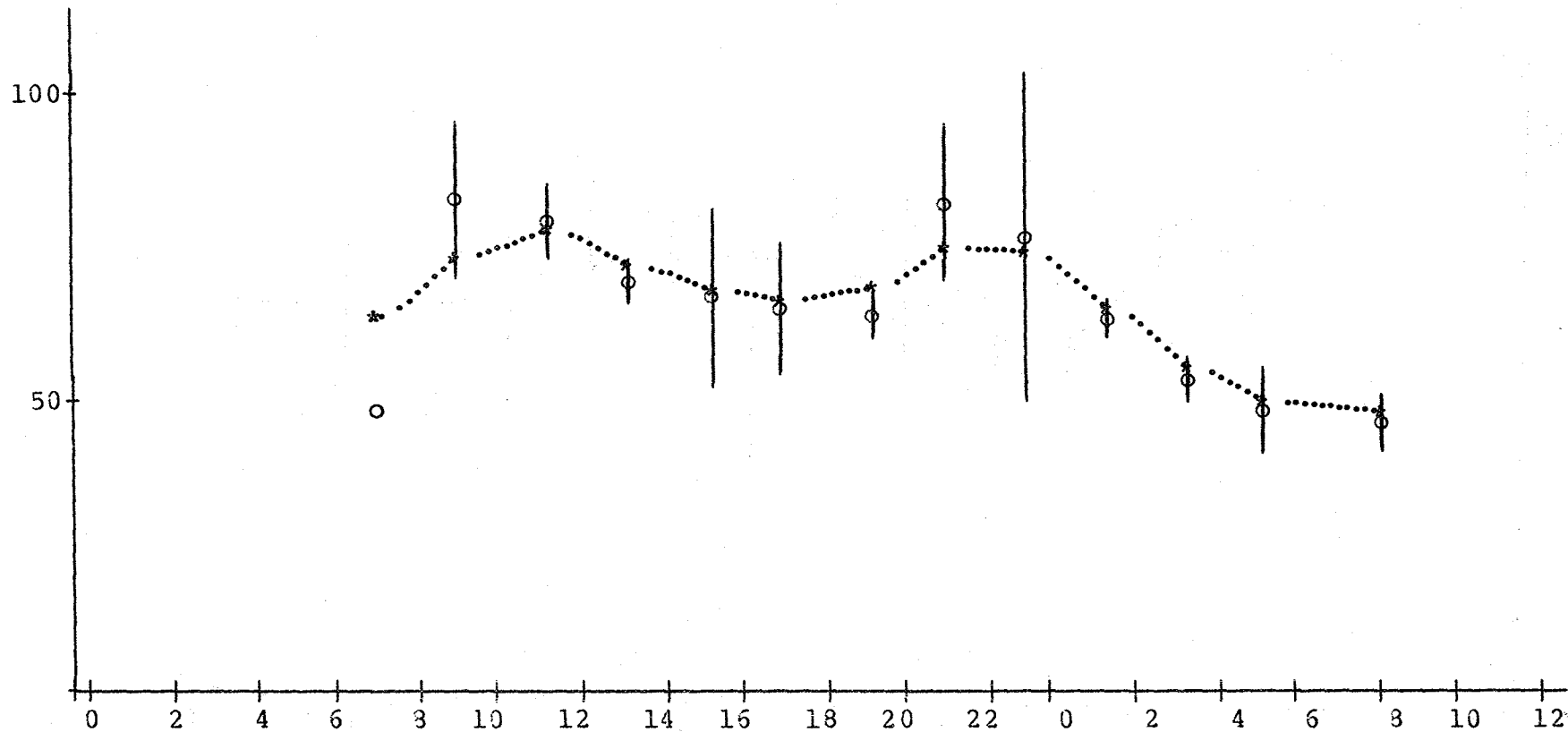


Fig. 11

Nitriet
290678
KSN
Sample and trendline values

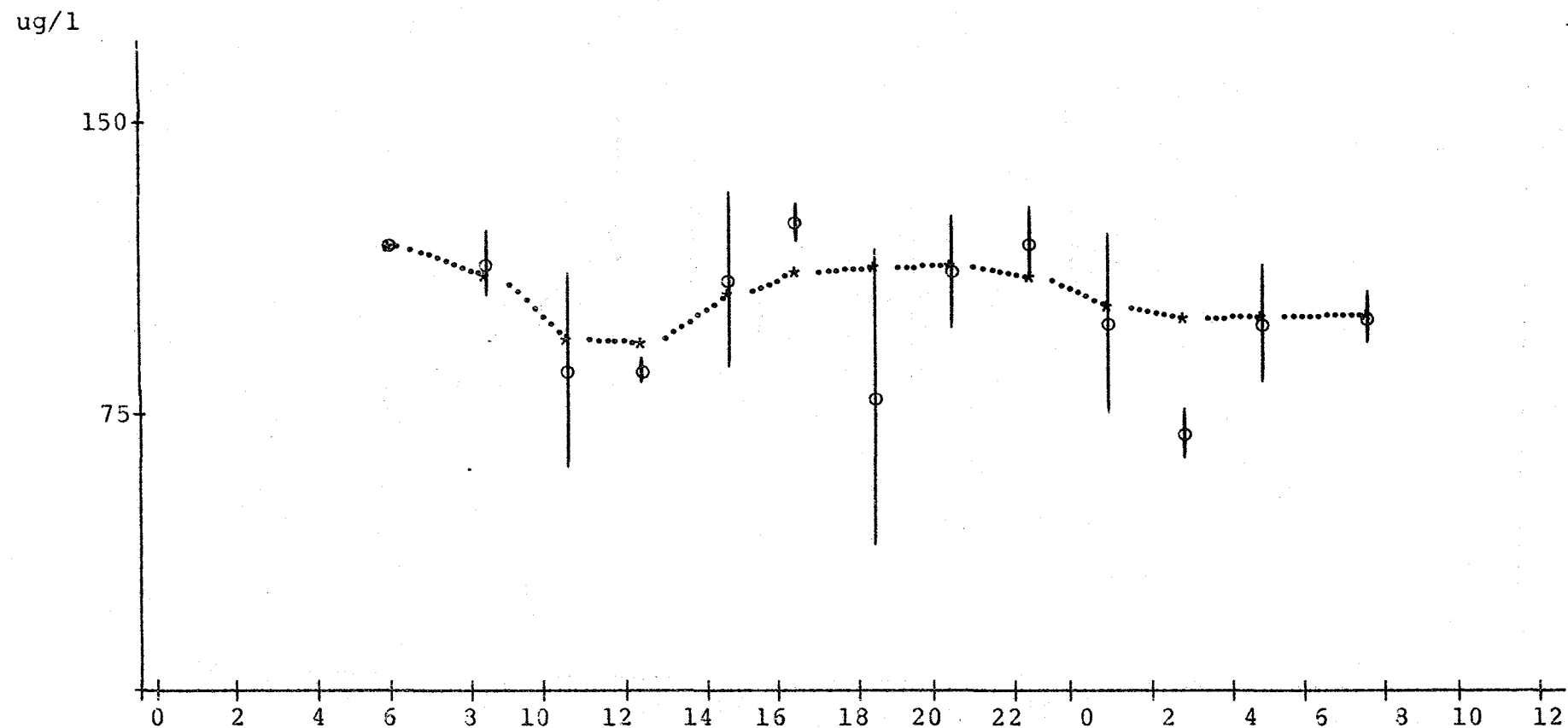


Fig. 12

Nitriet
250978
KZN
Sample and trendline values

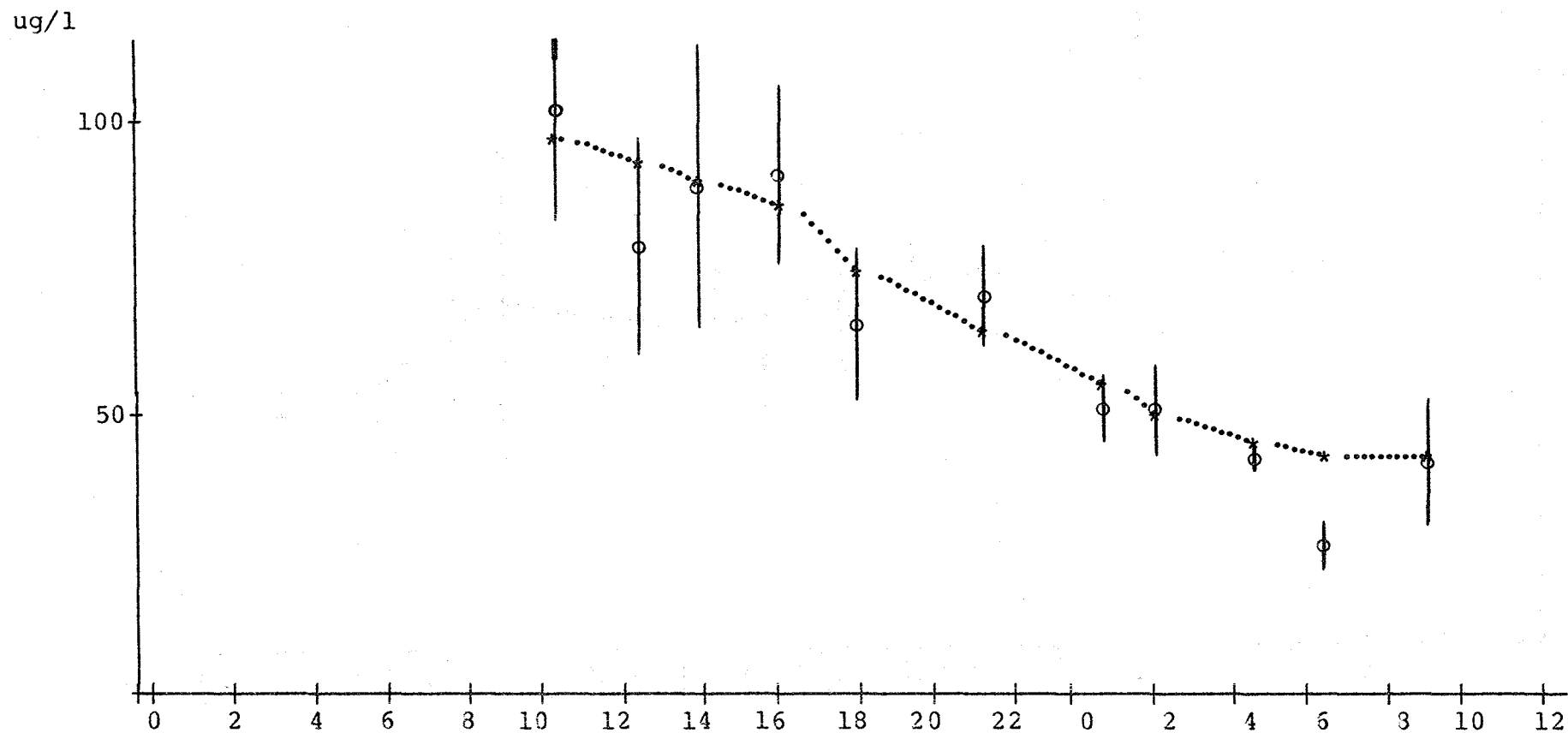


Fig. 13

ug/l

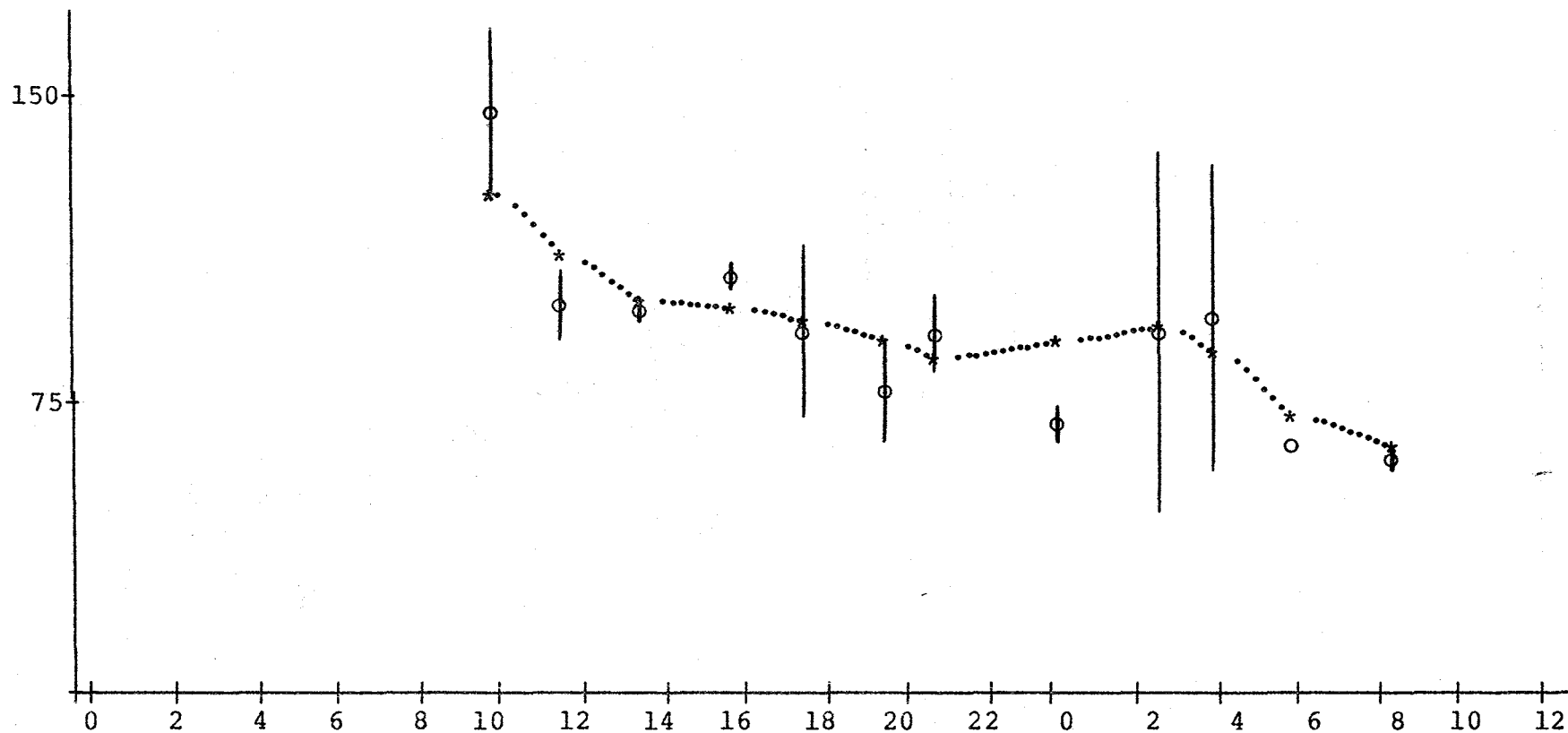


Fig. 14

Nitriet
290678
CZ tijd: 4

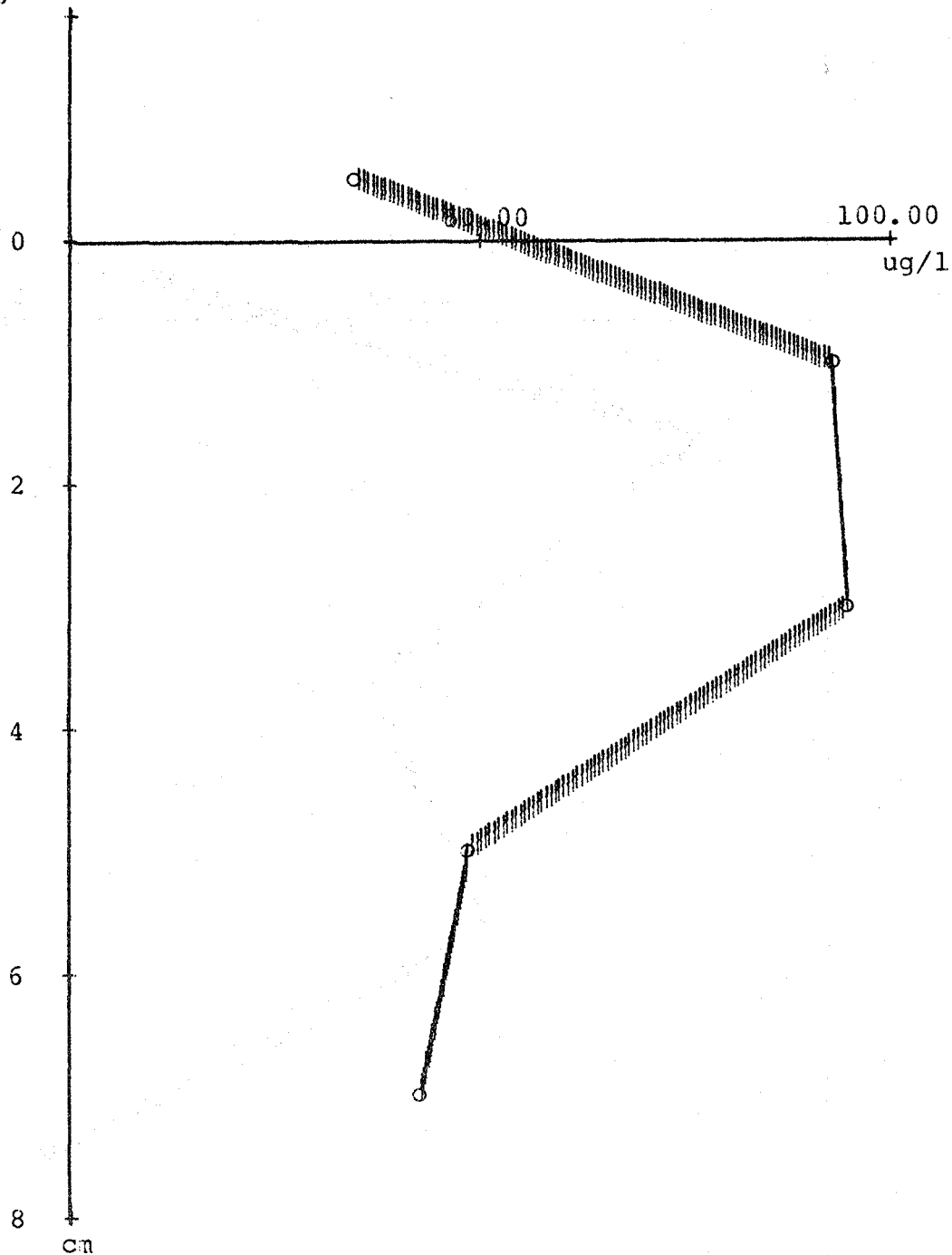


Fig. 15

Nitriet
290678
CS tijd: 4

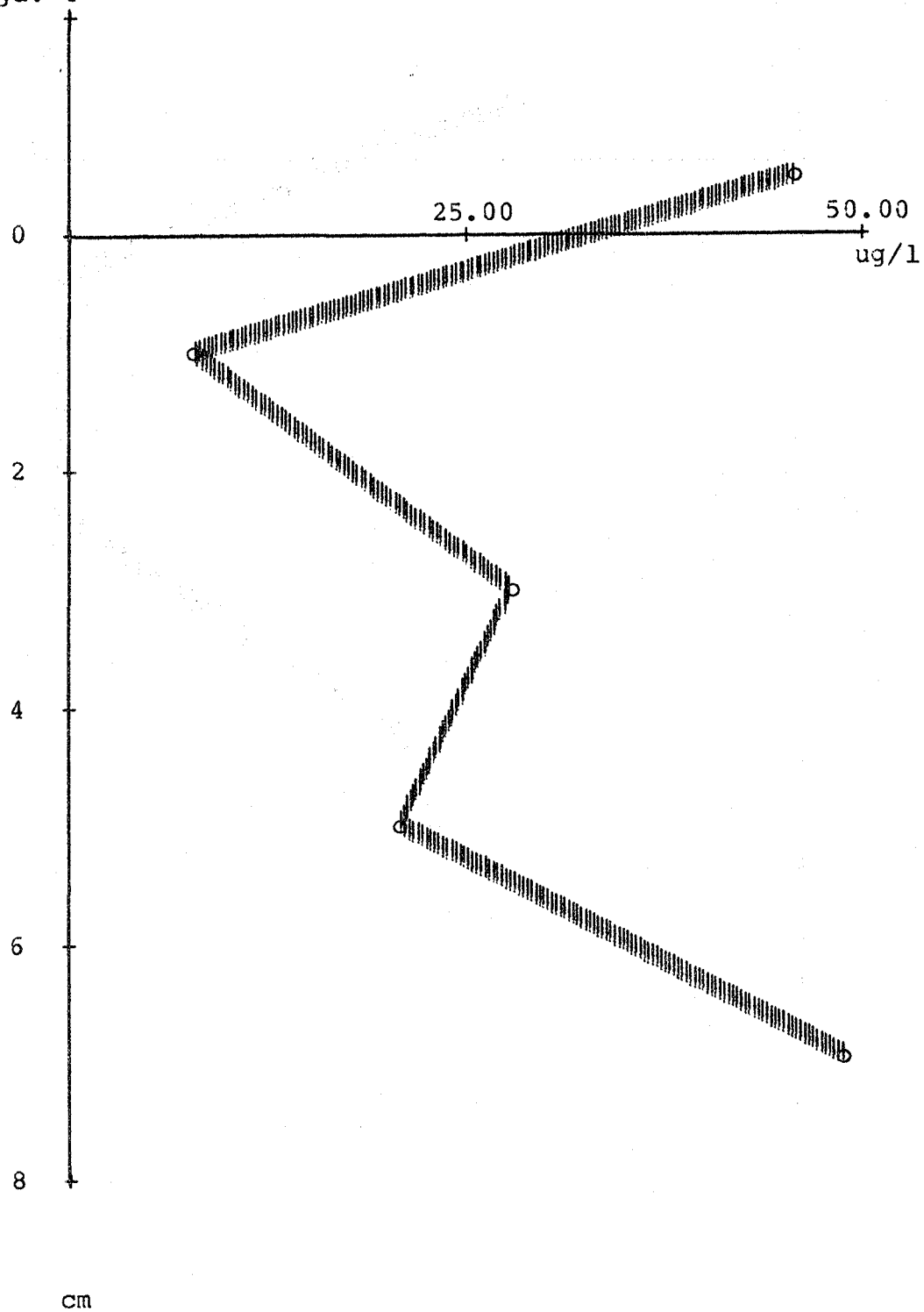


Fig. 16

Nitriet
290678
CS tijd:10

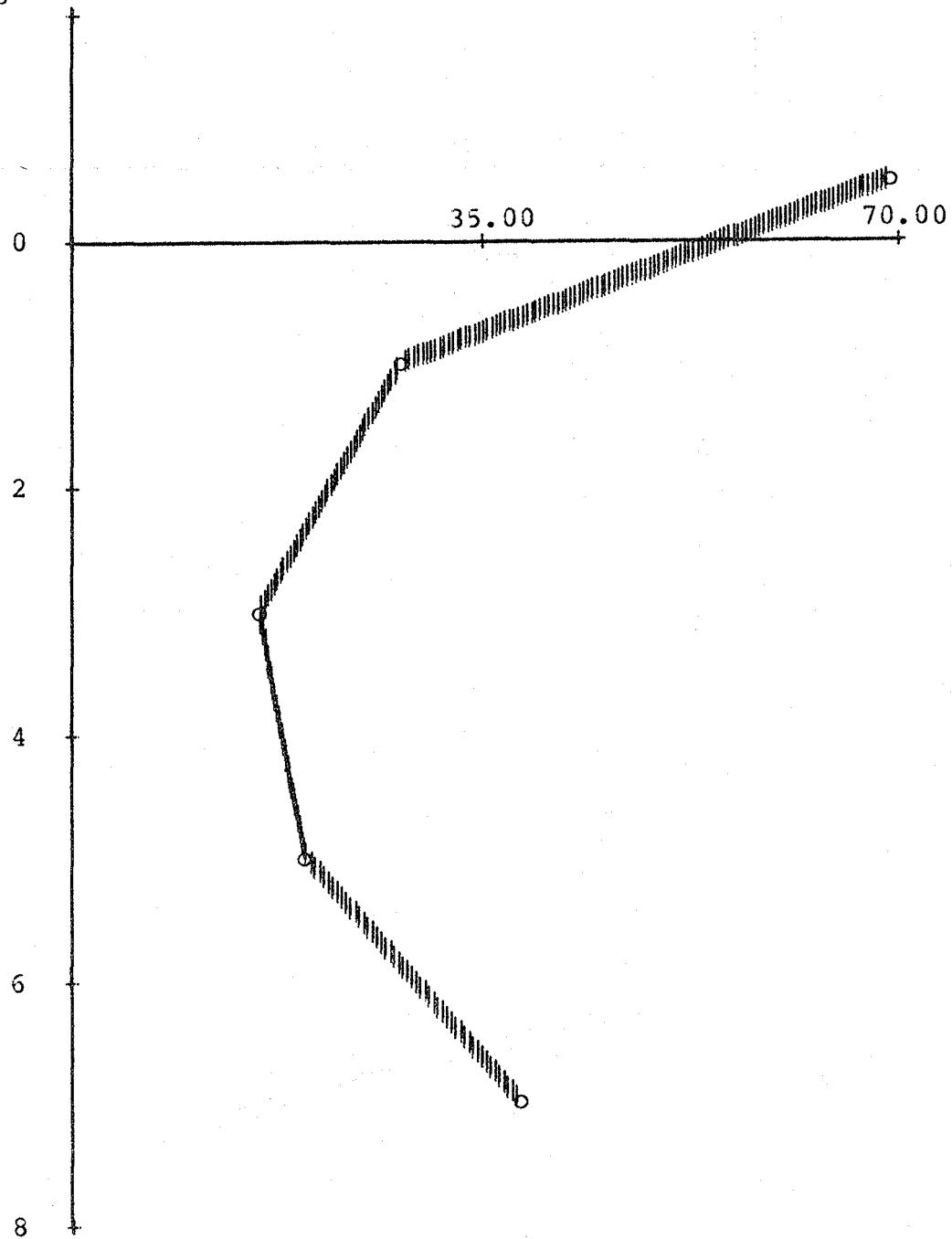


Fig. 17

Nitriet
250973
CS tijd:10

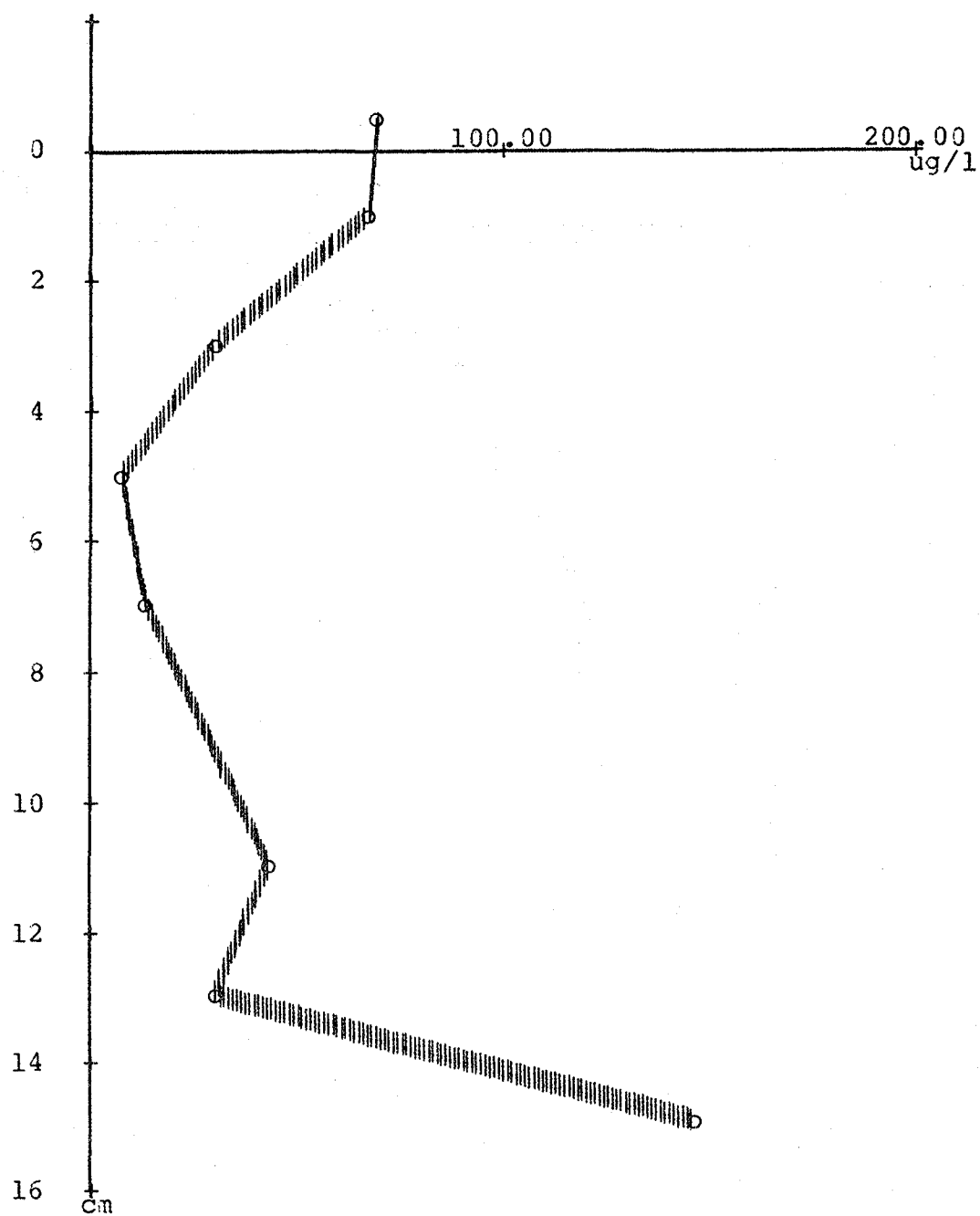


Fig. 18

Nitriet
250978
C2 tijd:10

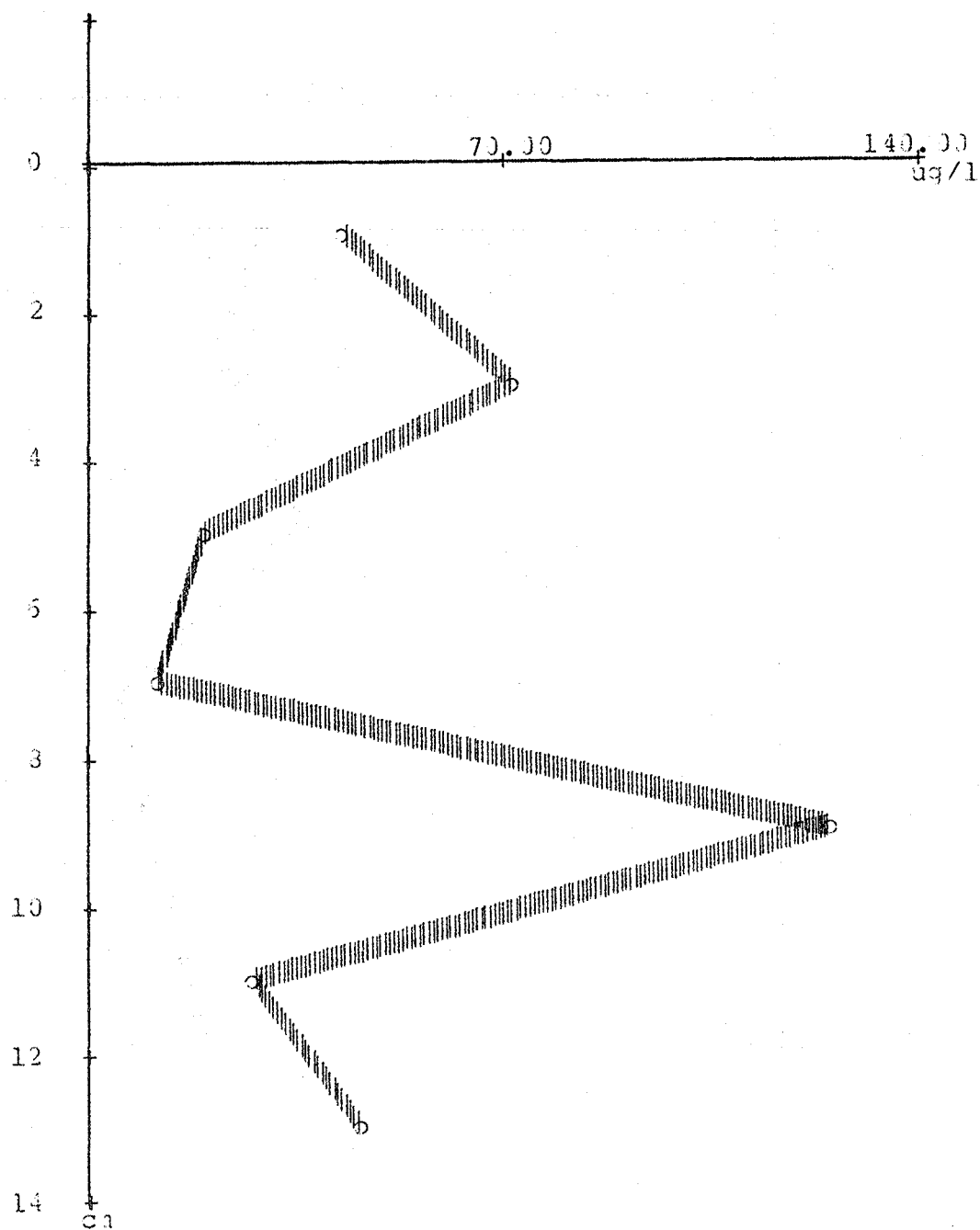


Fig. 19

Nitriet
250973
CZ tijd:13

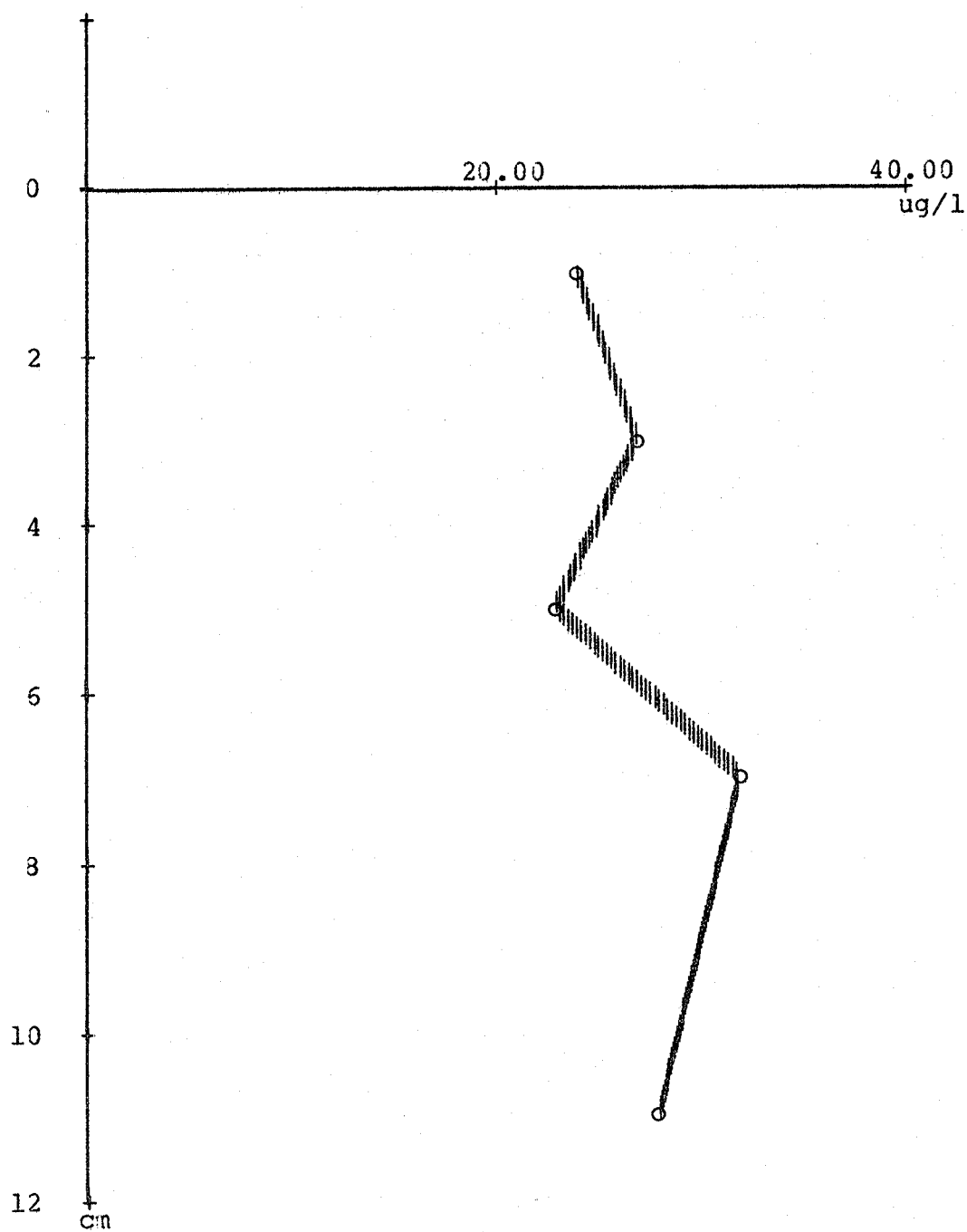


Fig. 20

Nitraat

290678

WZN

Sample and trendline values

ug/l

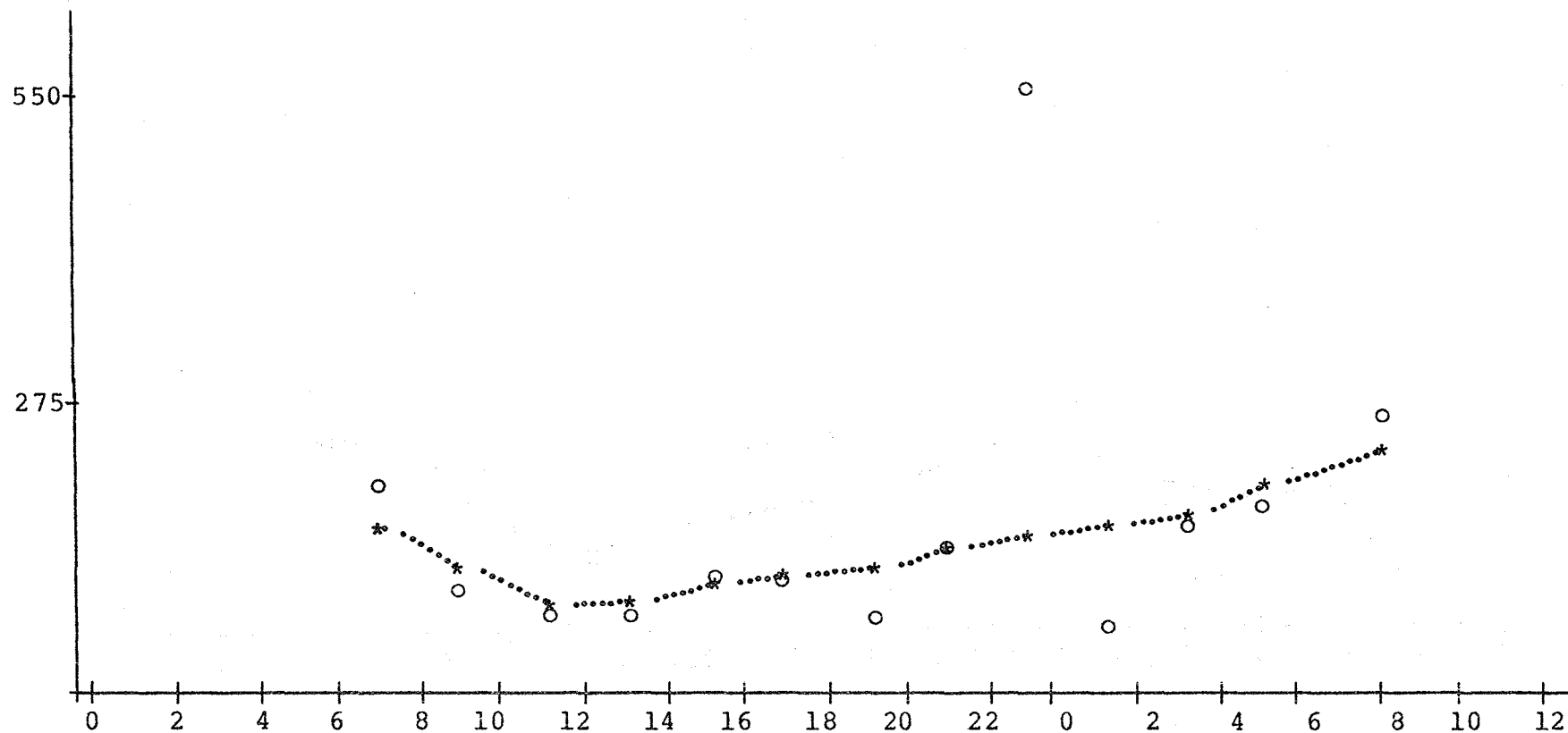


Fig. 21

Nitraat
290678
WSN
Sample and trendline values

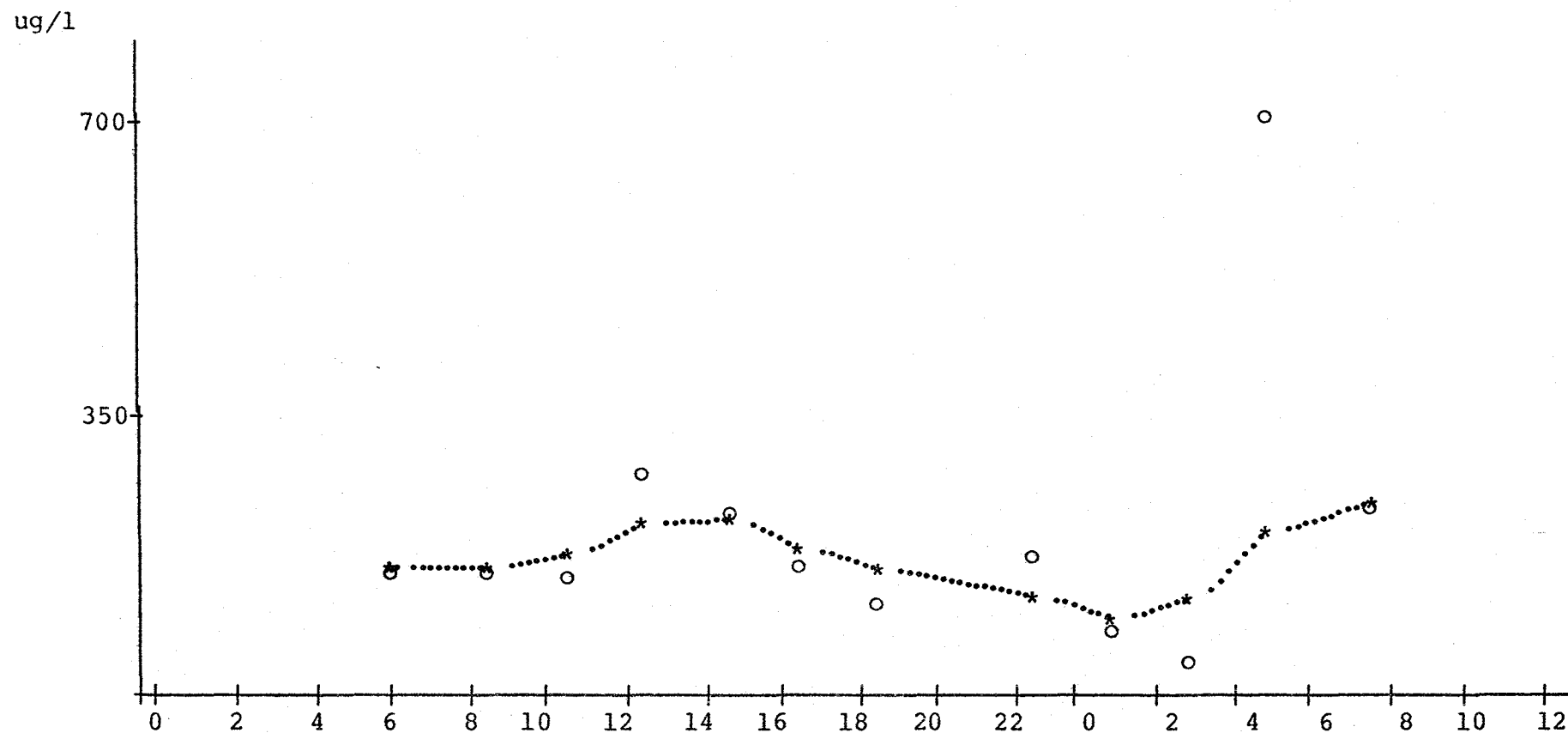


Fig. 22

Nitraat
250978
WZN
Sample and trendline values

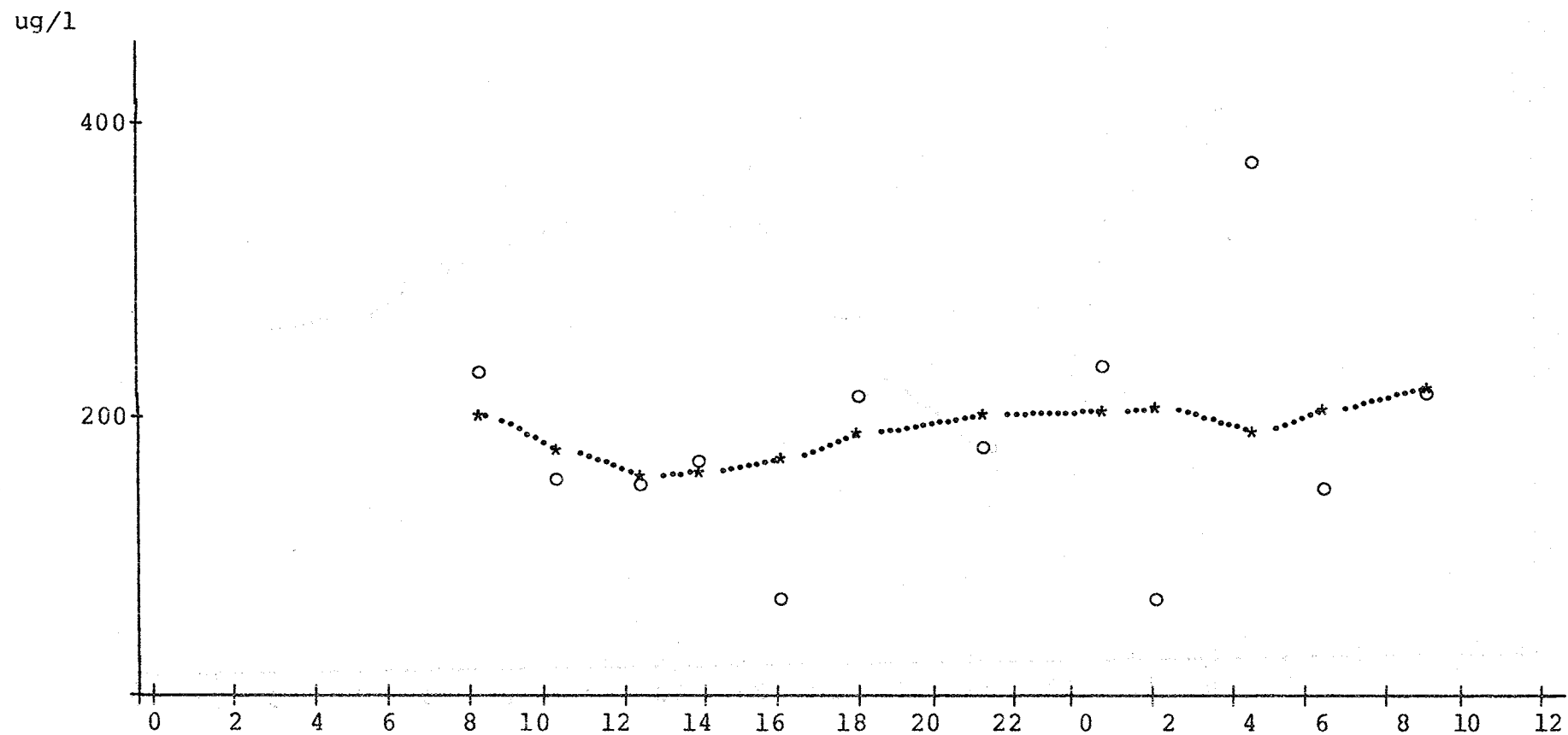


Fig. 23

Nitraat
250978
WSN
Sample and trendline values

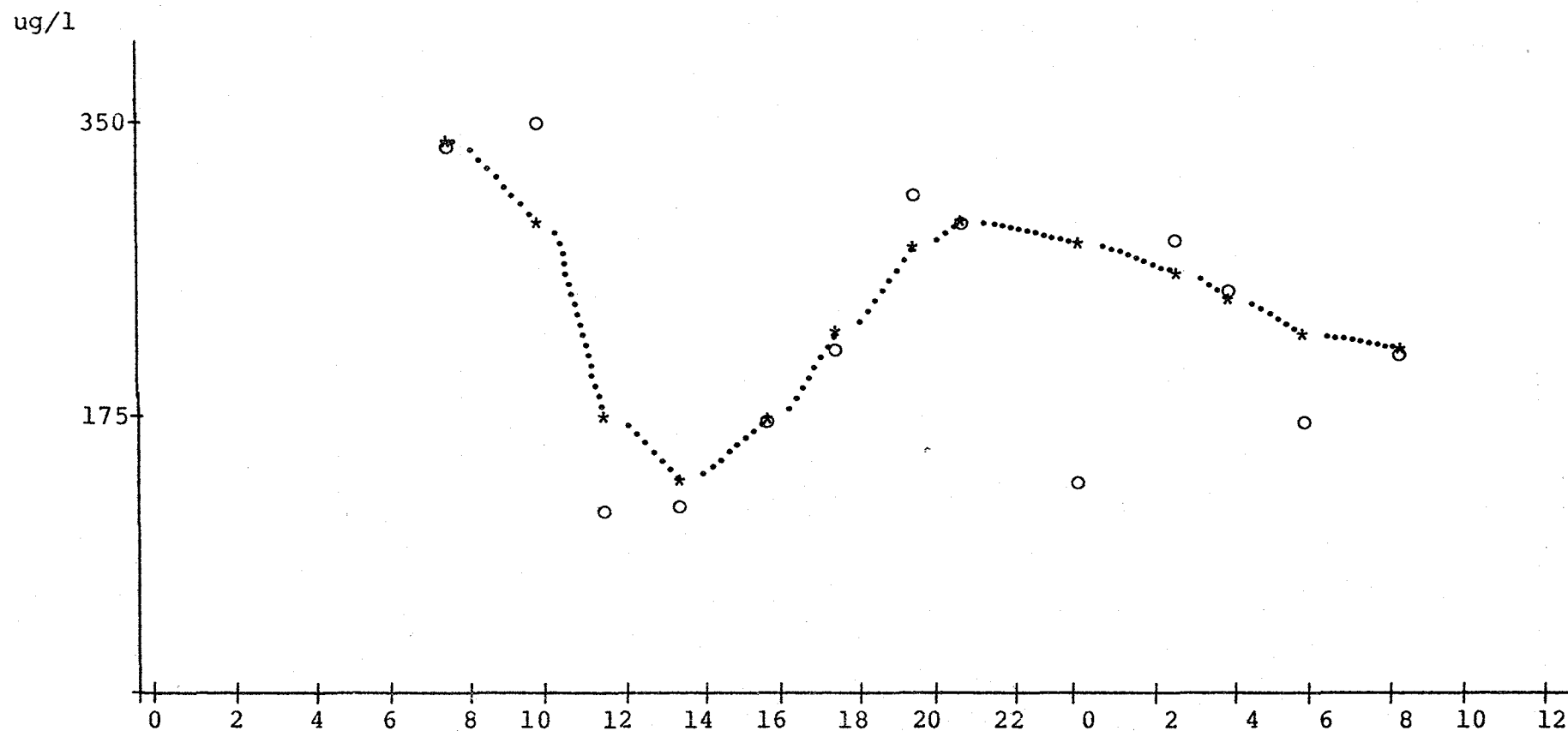


Fig. 24

Nitrat
290678
KZN
Sample and trendline values

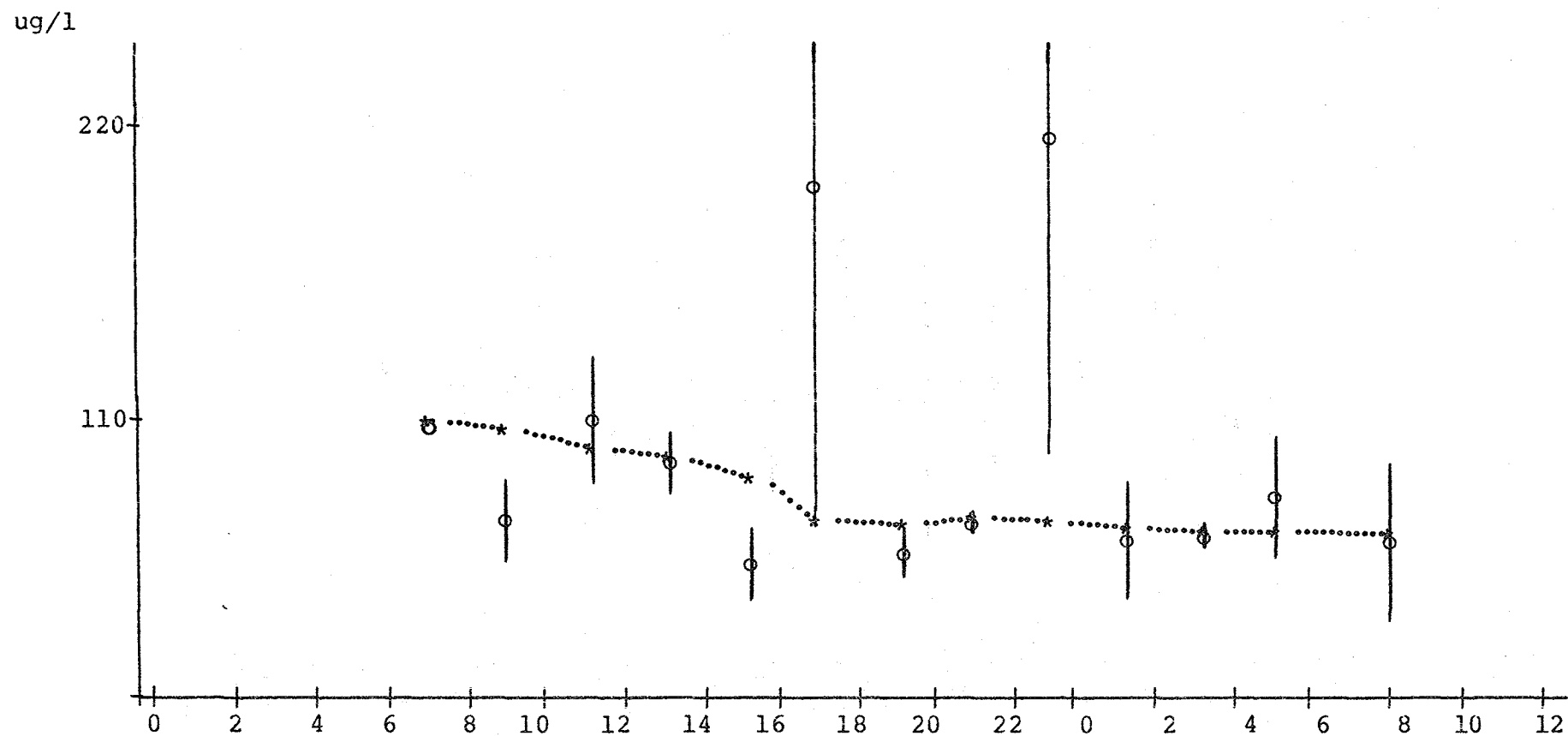


Fig. 25

Nitraat
290678
KSN
Sample and trendline values

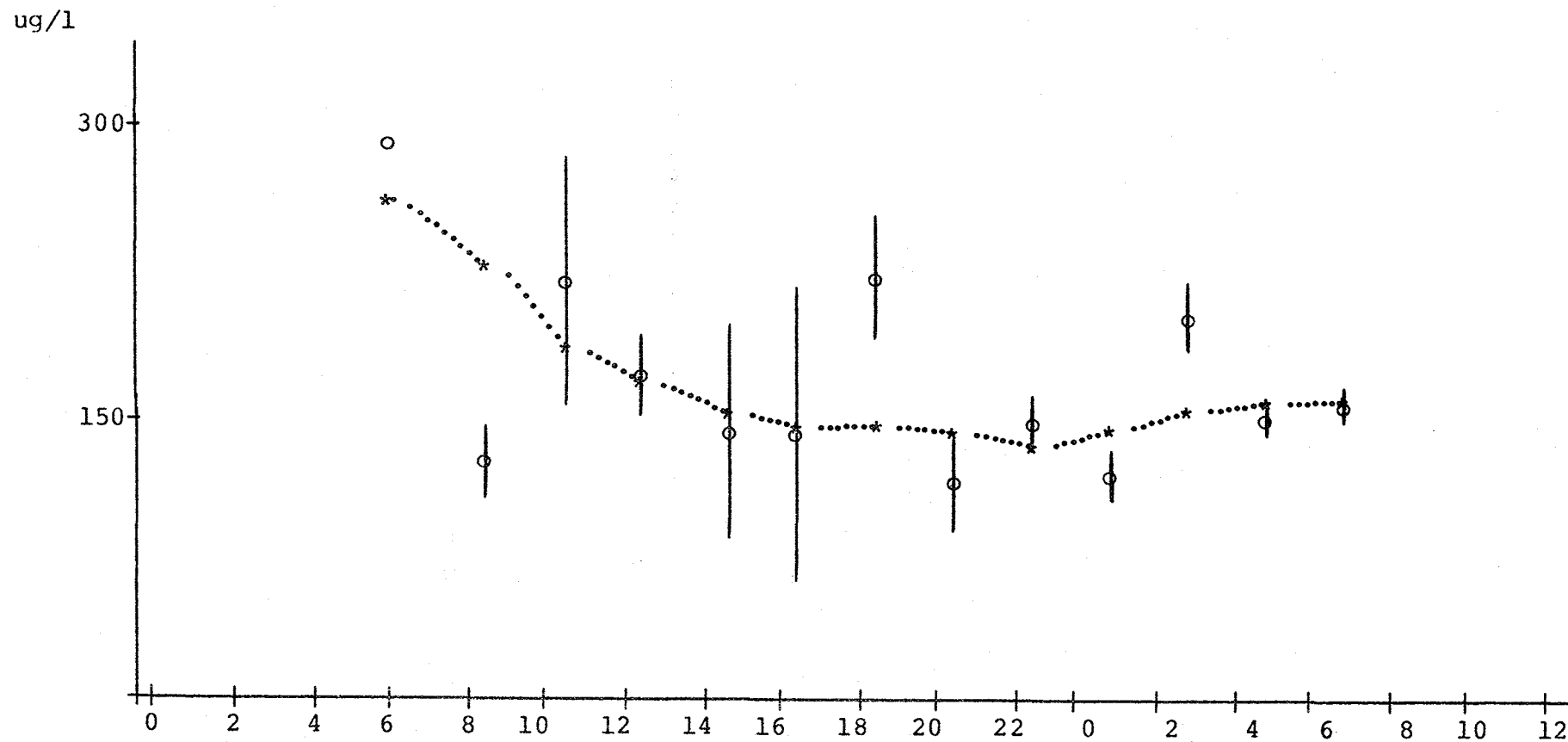


Fig. 26

Nitraat
250978
KZN
Sample and trendline values

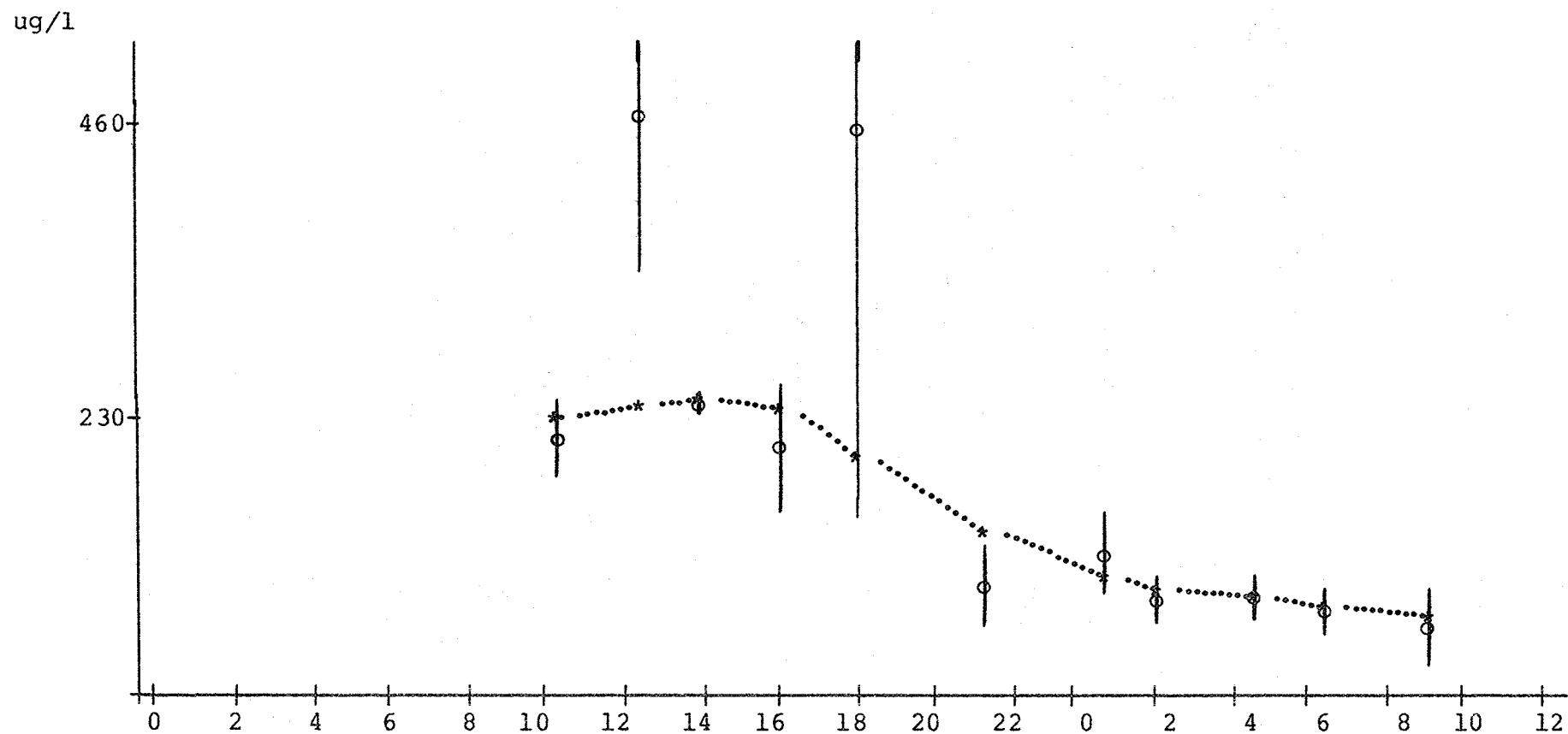


Fig. 27

Nitraat
250978
KSN
Sample and trendline values

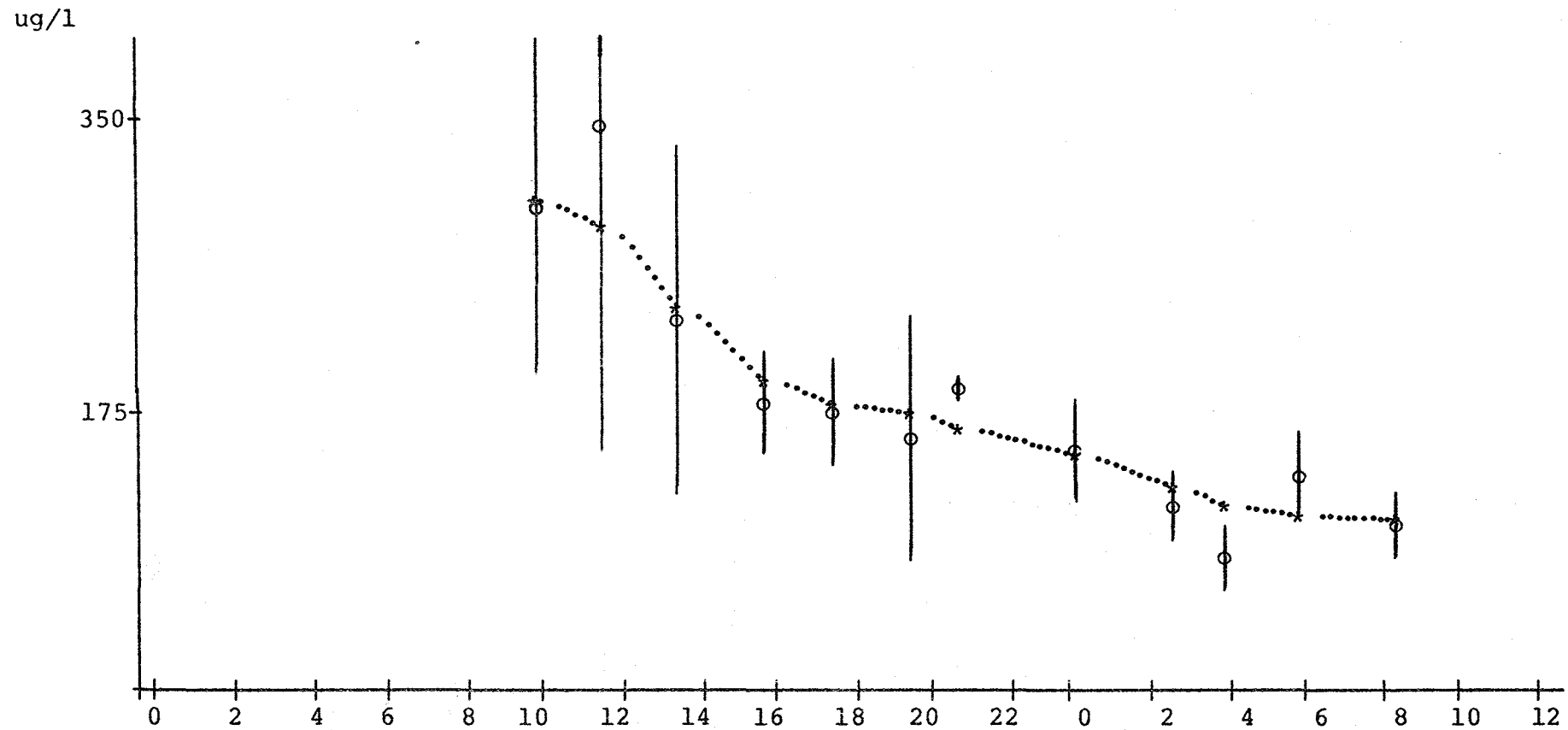


Fig. 28

Nitraat
290678
CS tijd: 4

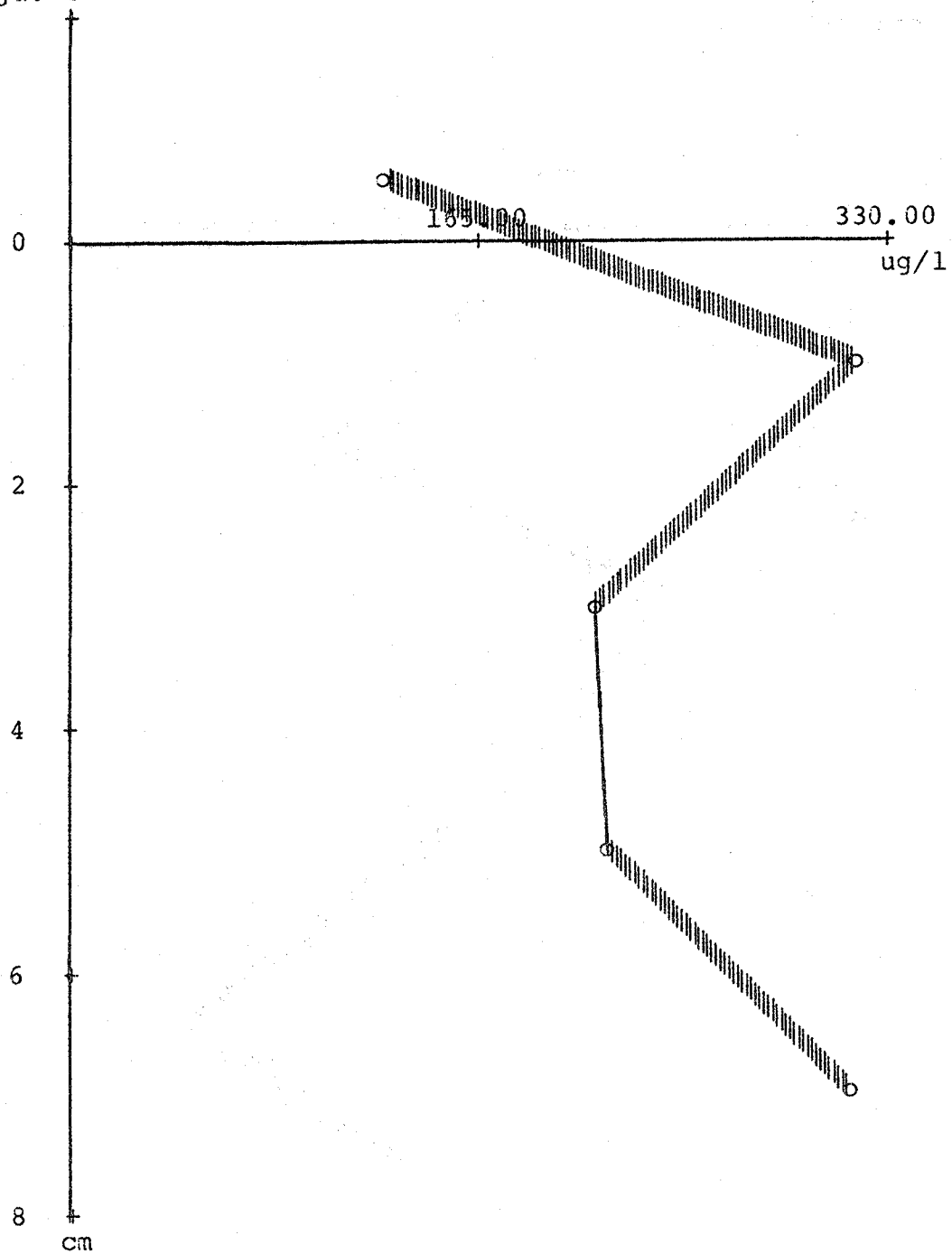


Fig. 29

Nitraat
250973
CZ tijd:10

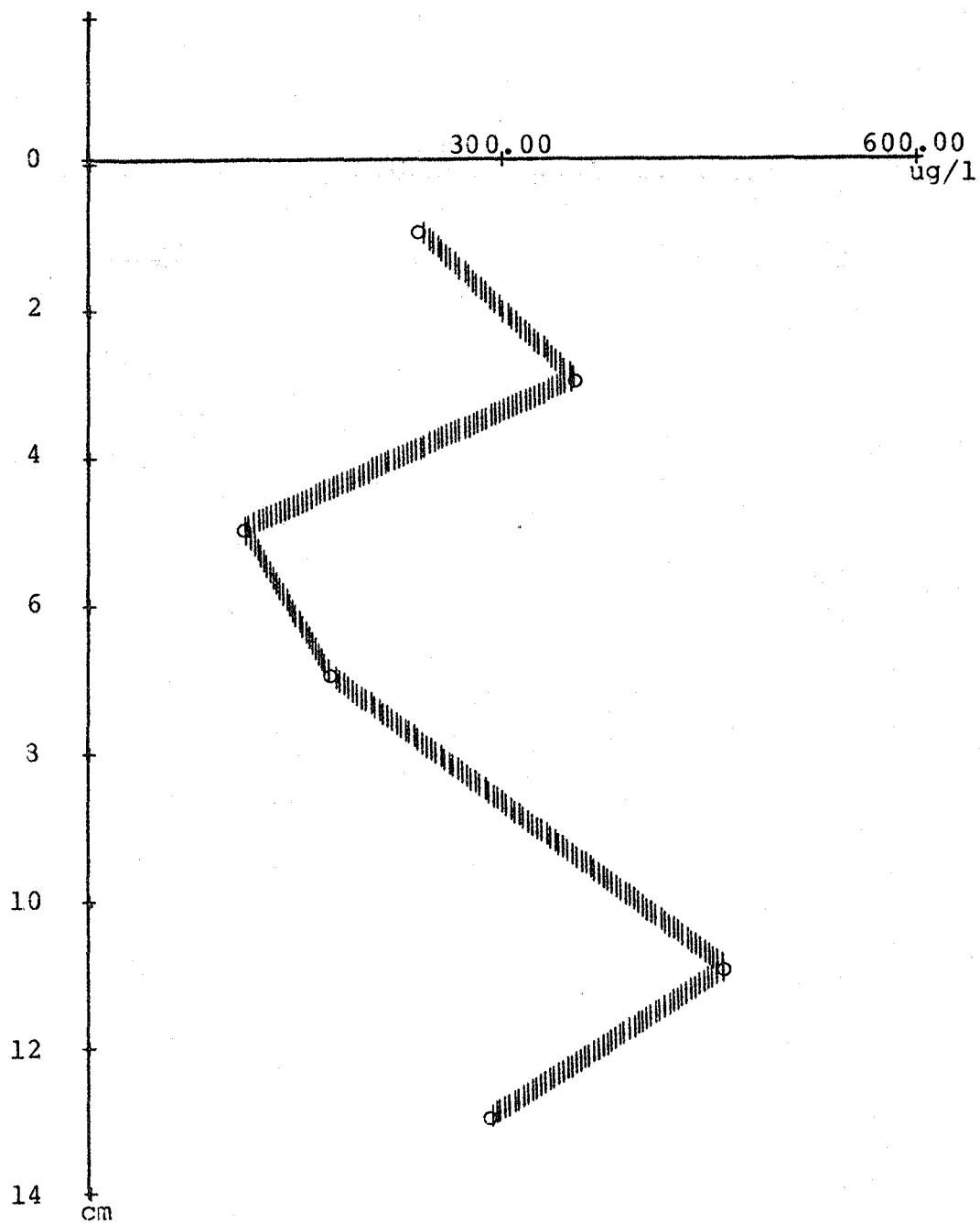


Fig. 30

Nitraat
250973
CS tijd:10

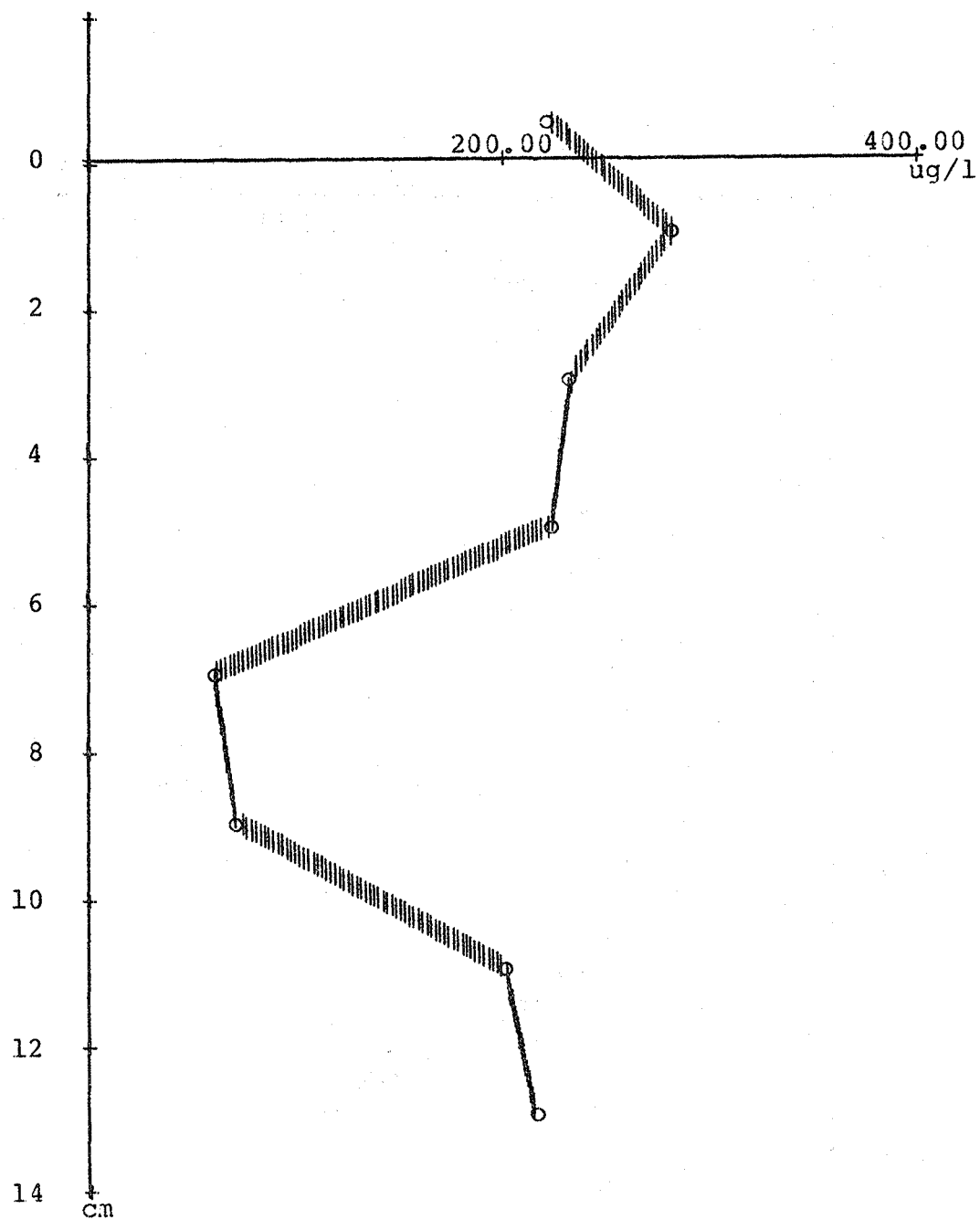


Fig. 31

Nitraat
250978
CS tijd: 1

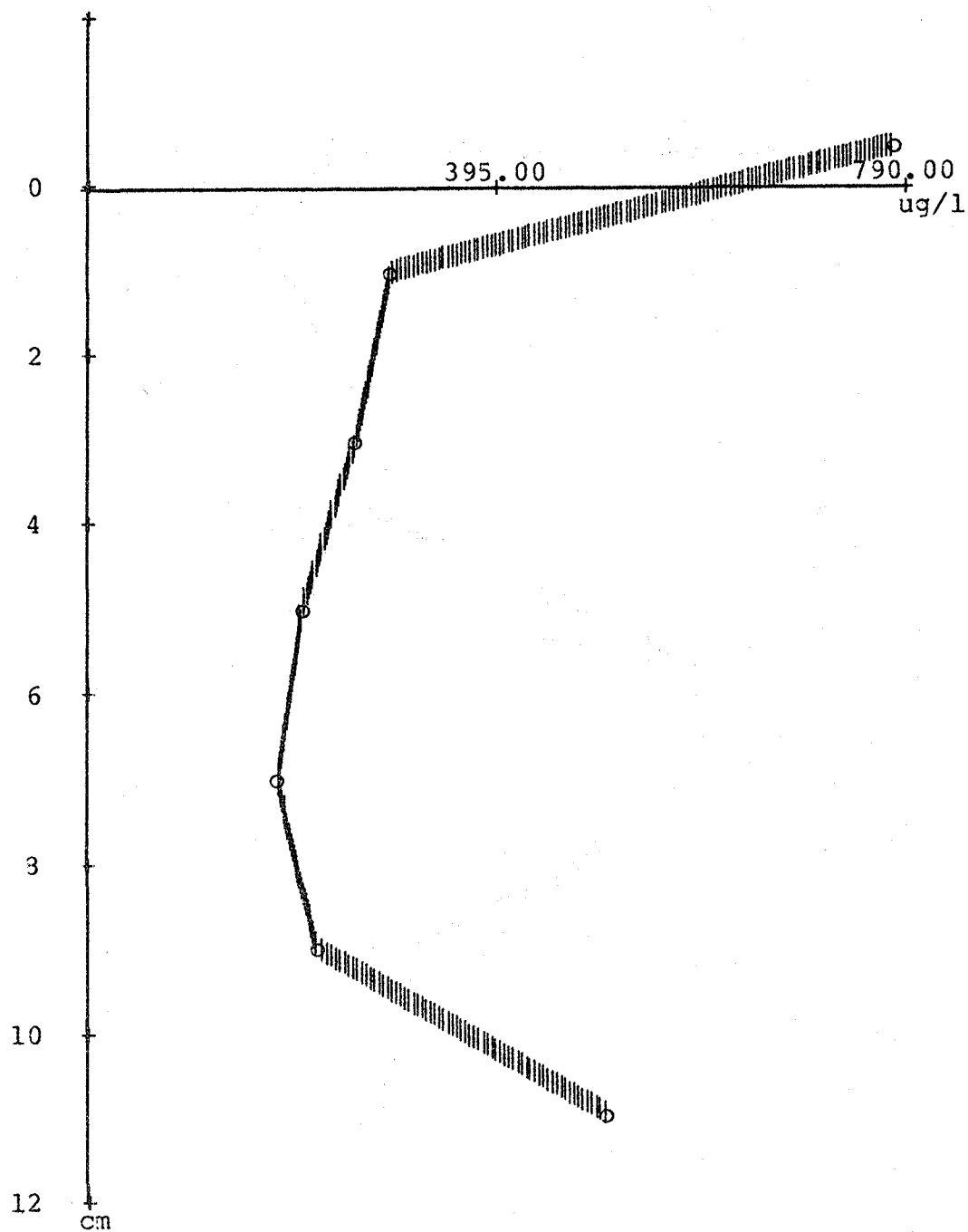


Fig. 32

Ammoniak

290678

WSN

Sample and trendline values

ug/l

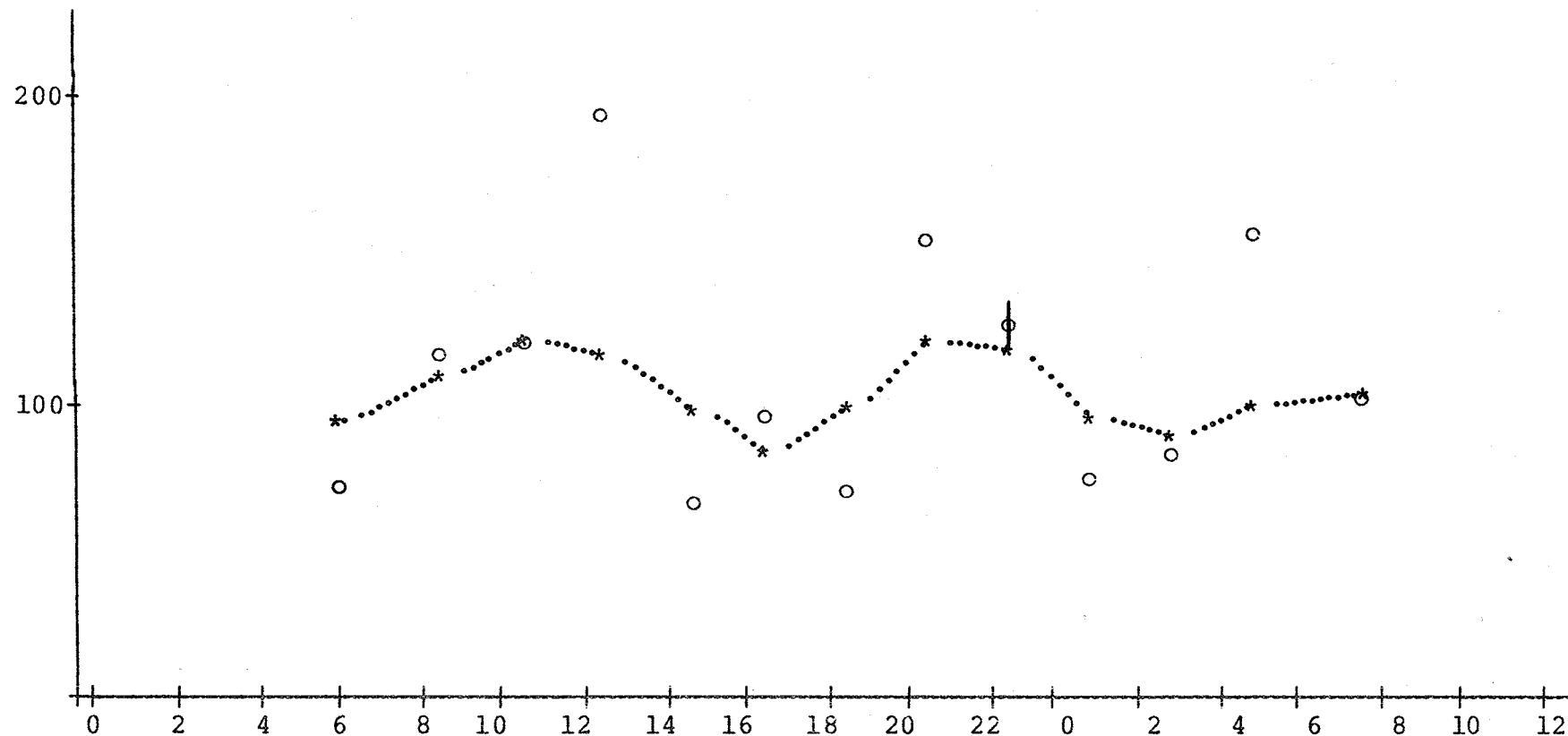


Fig. 33

Ammoniak
290678
WZN
Sample and trendline values

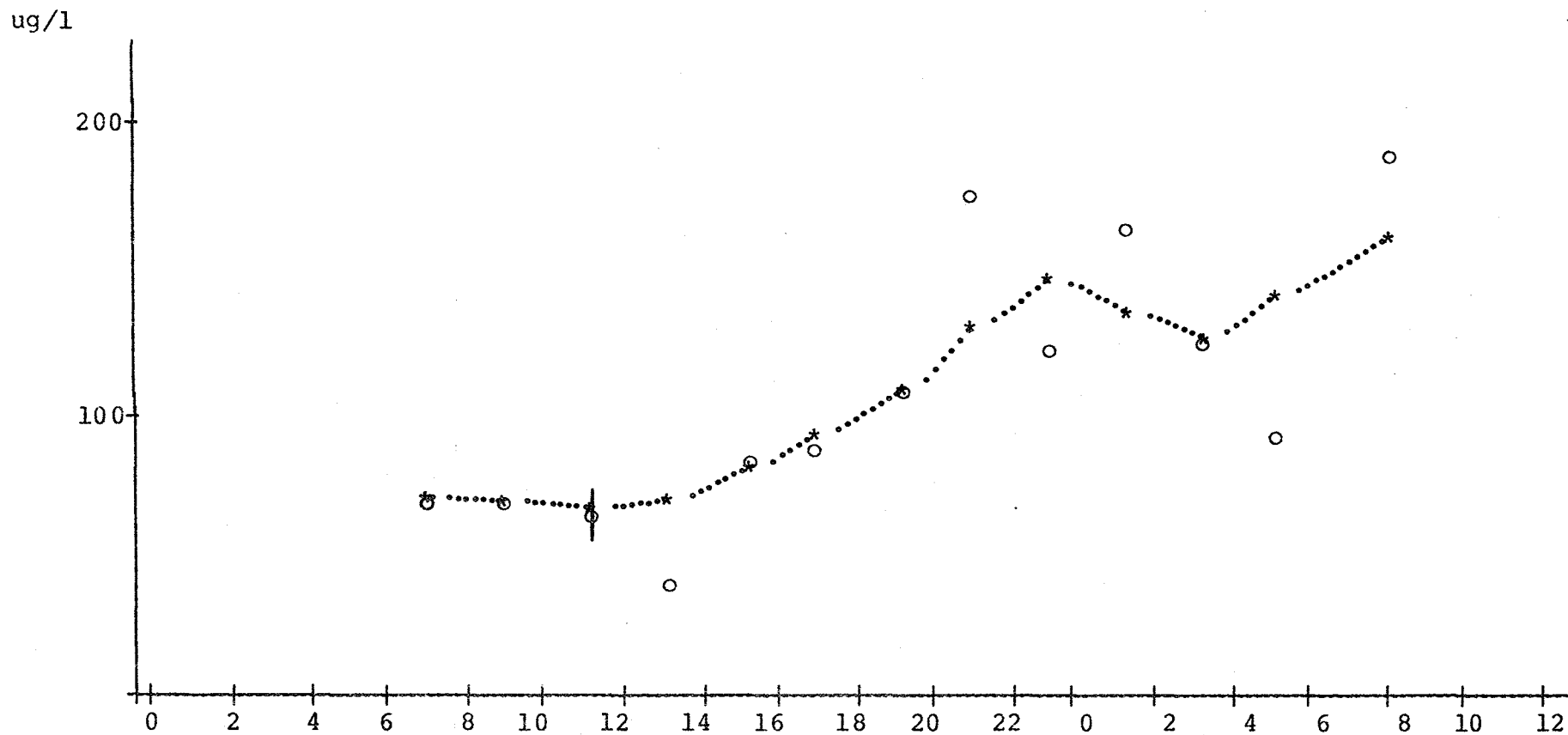


Fig. 34

Ammoniak

260978

WZN

Sample and trendline values

ug/l

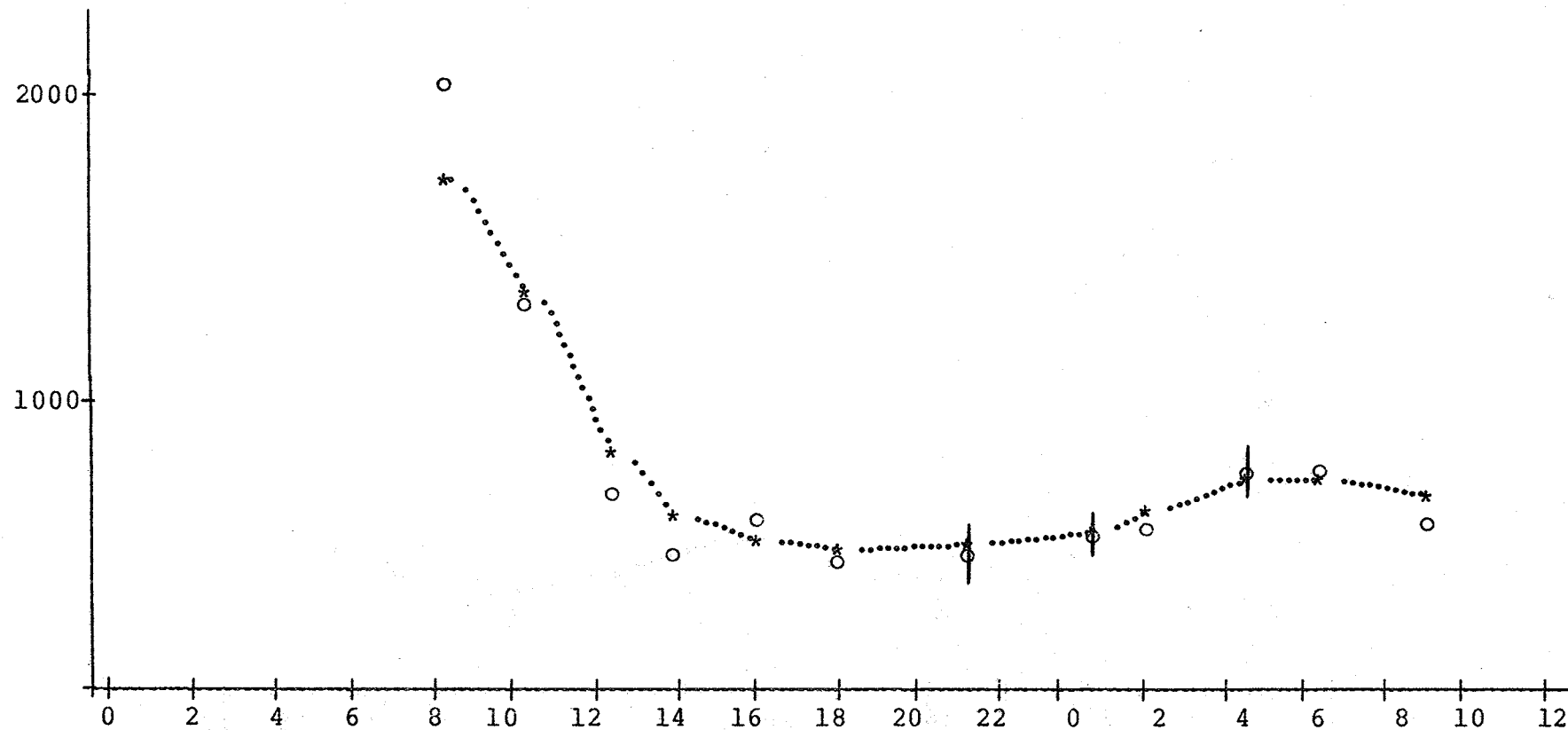


Fig. 35

Ammoniak
260978
WSN
Sample and trendline values

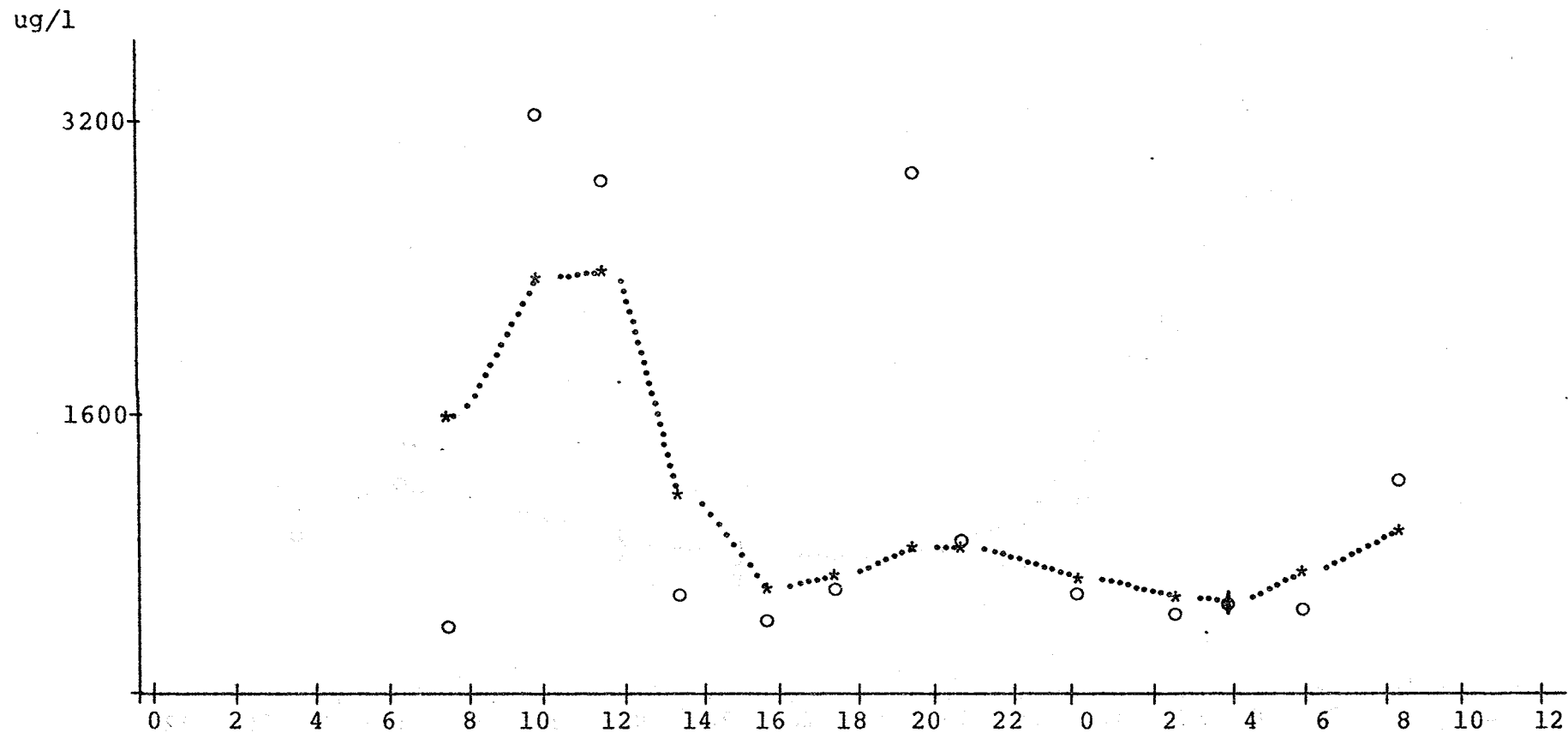


Fig. 36

Ammoniak
290678
KZN
Sample and trendline values

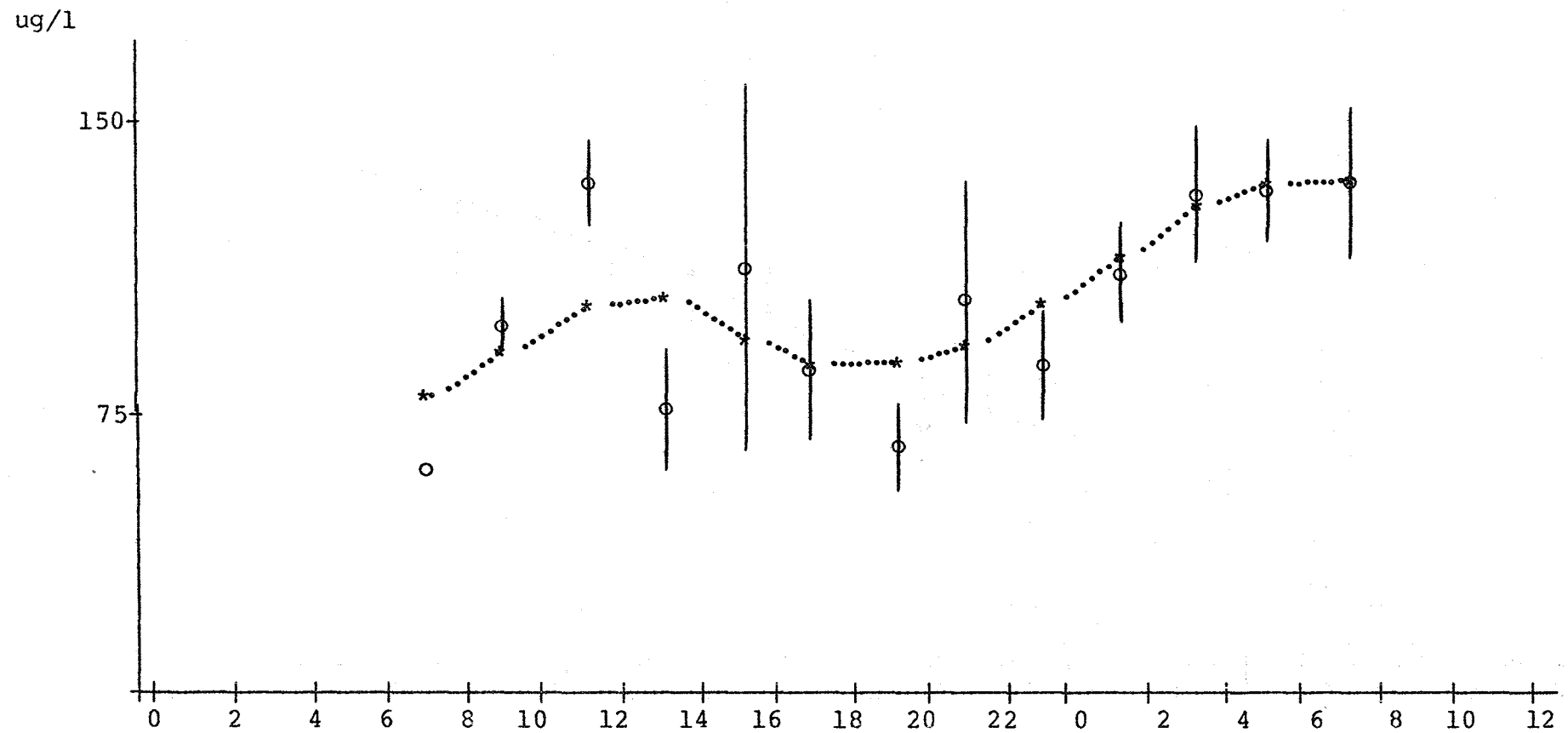


Fig. 37

Ammoniak
290678
KSN
Sample and trendline values

ug/l

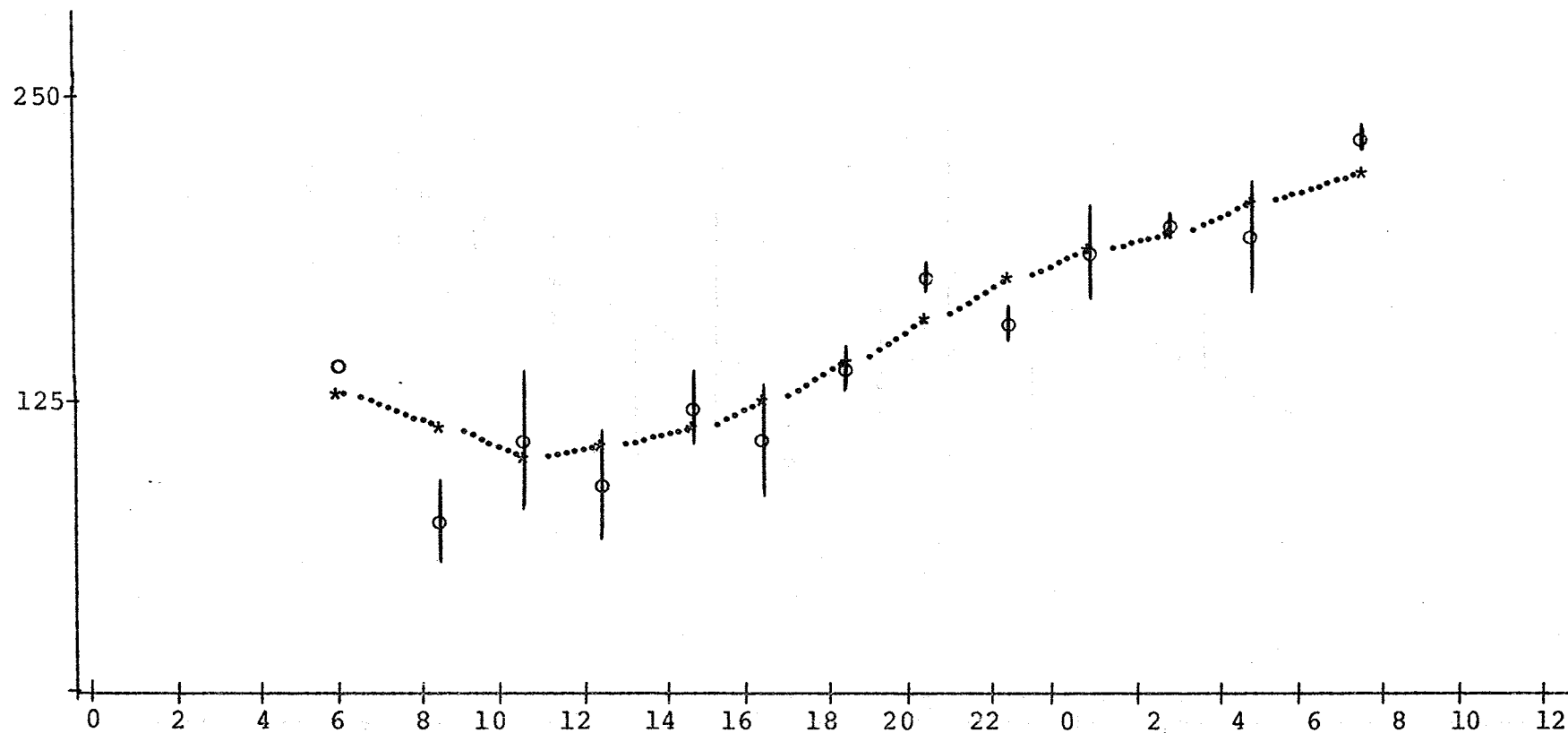


Fig. 38

Ammoniak
260978
KZN
Sample and trendline values

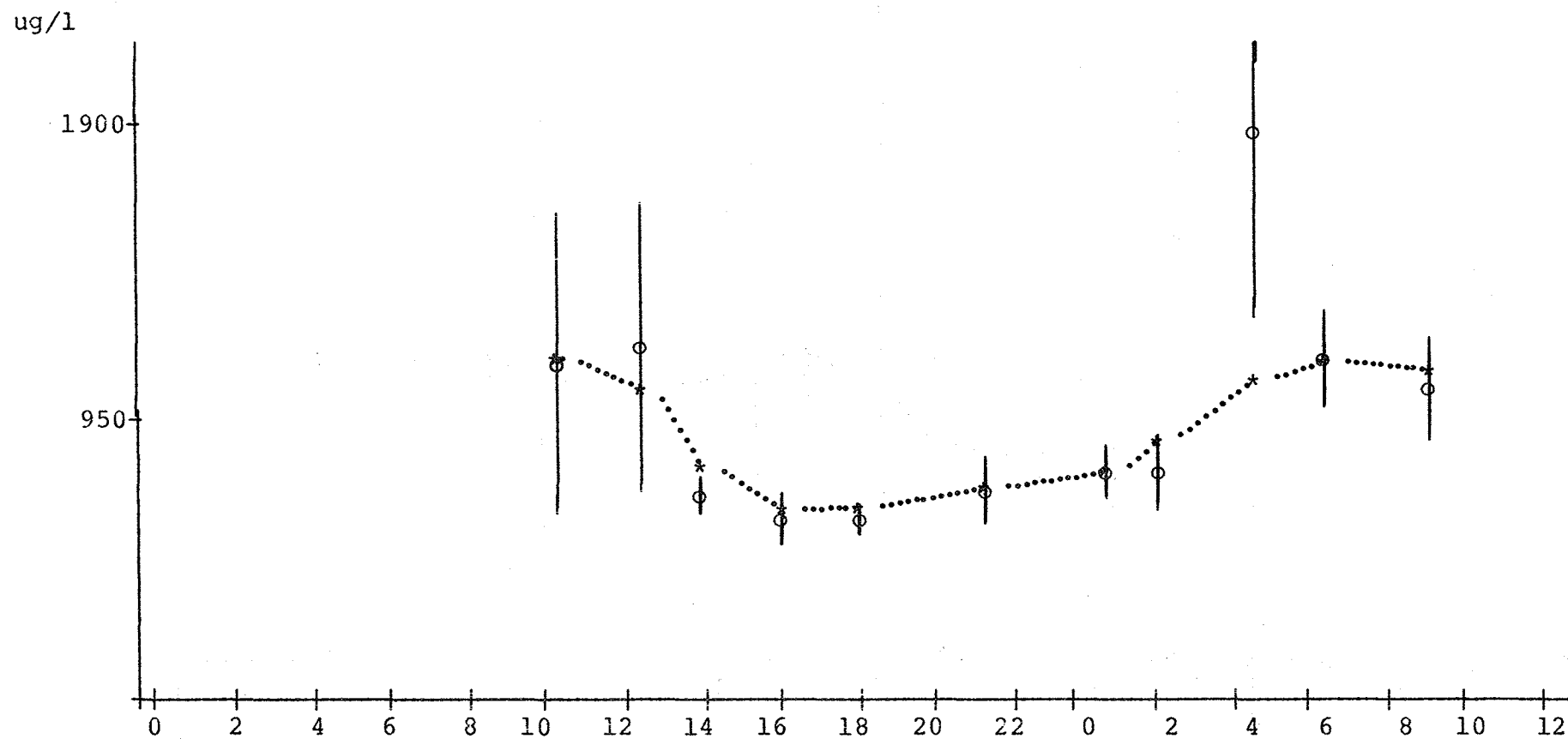


Fig. 39

Ammoniak
260978
KSN
Sample and trendline values

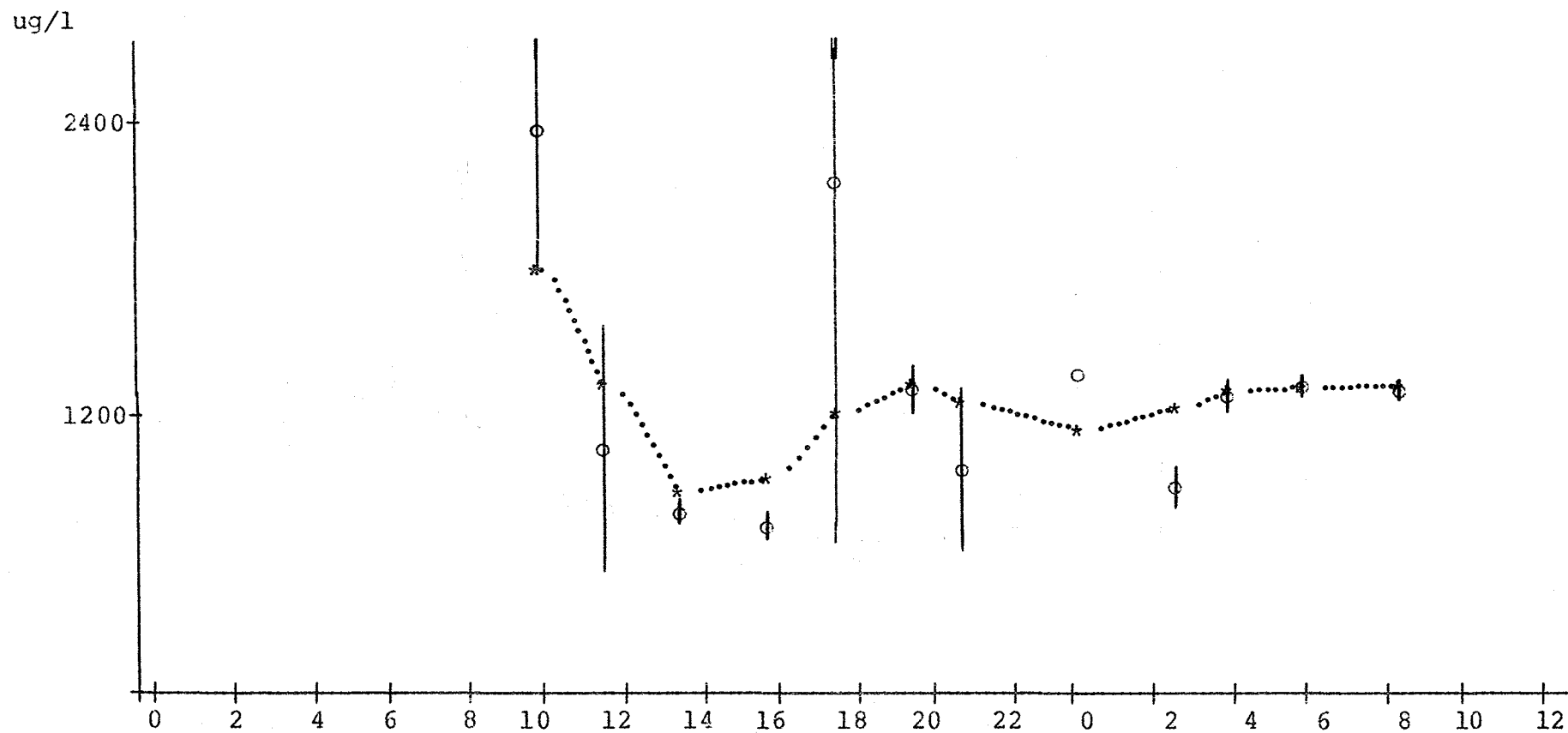


Fig. 40

Ammoniak
290678
CZ tijd: 1

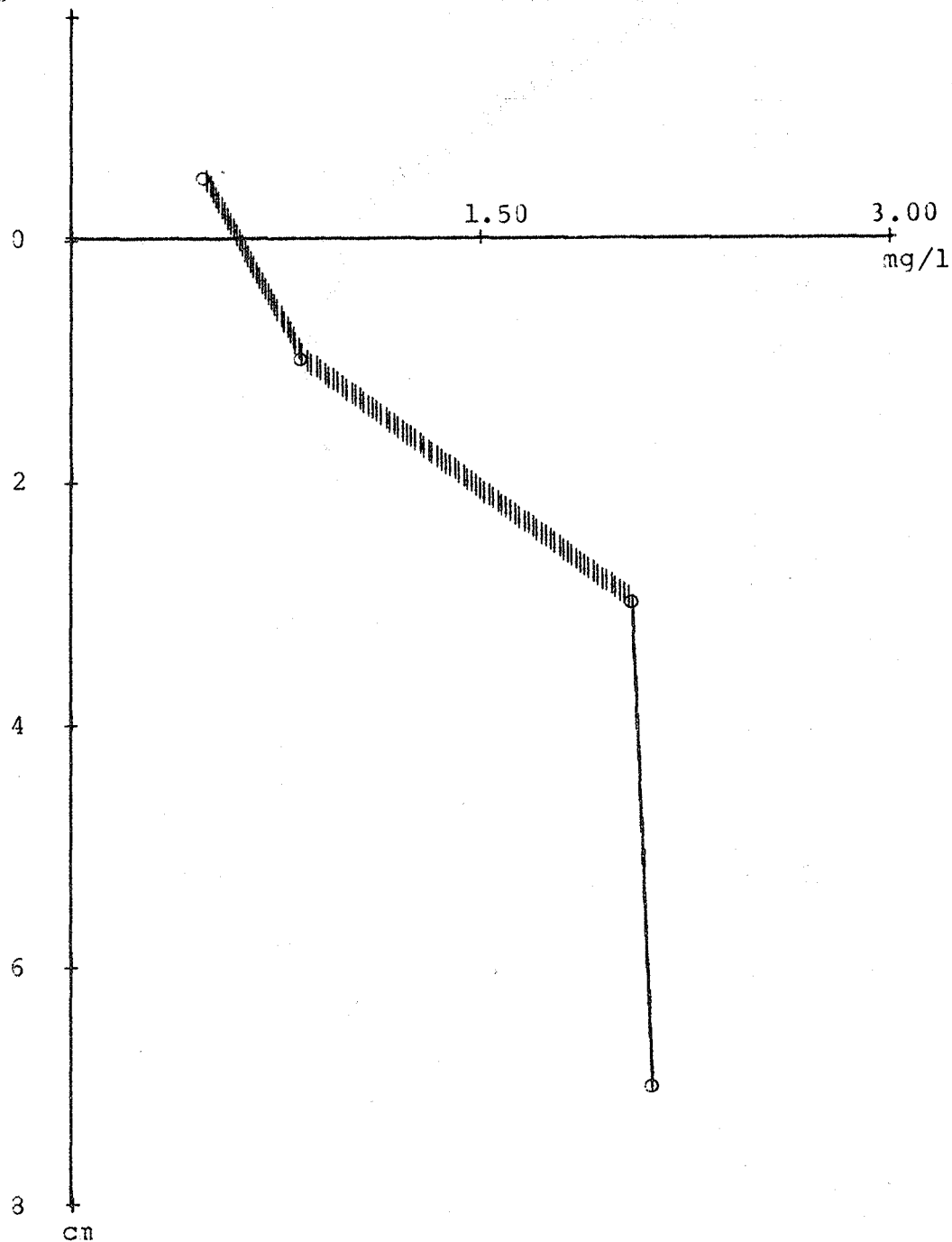


Fig.41

Ammoniak
290573
CS tijd:13

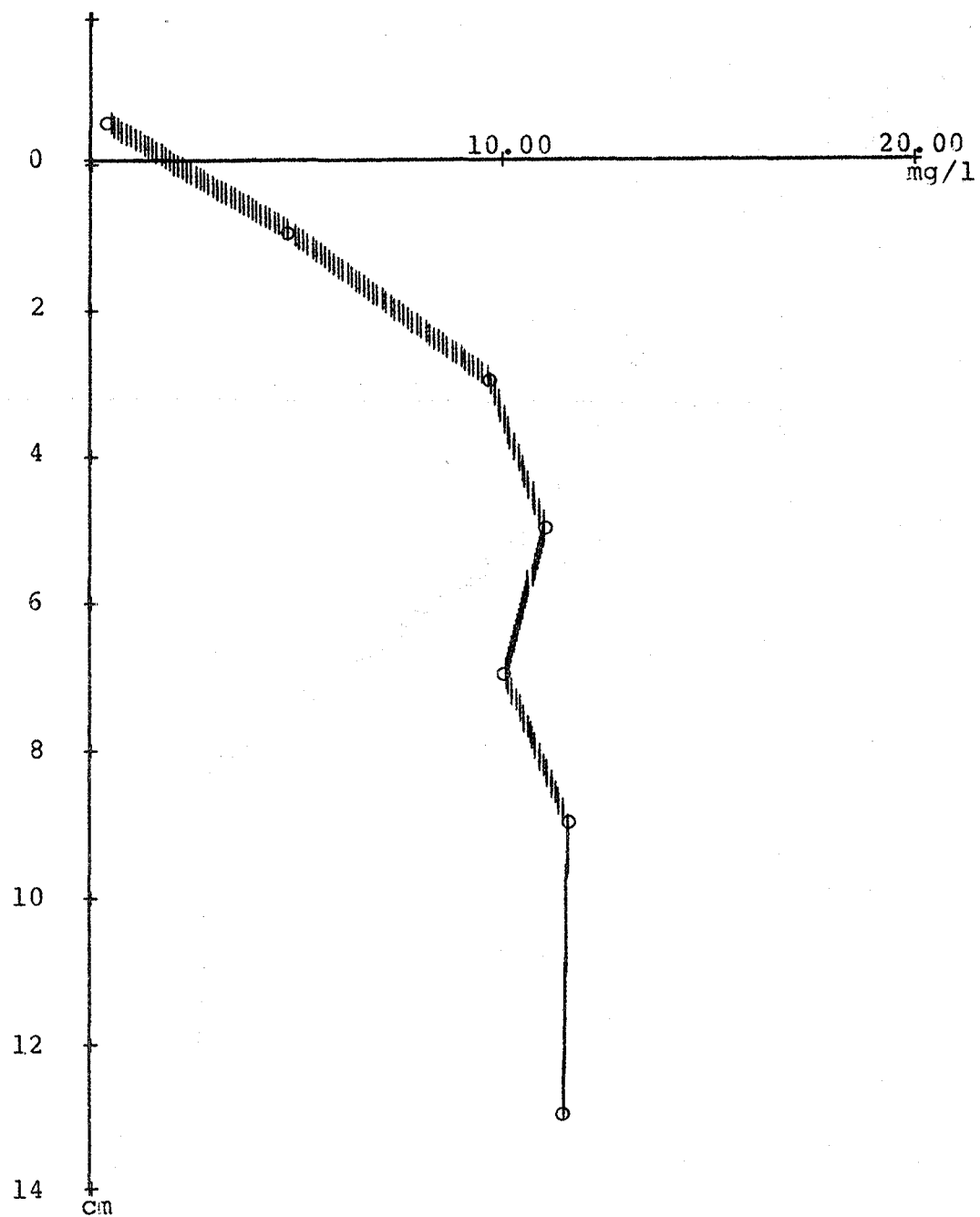


Fig. 42

Ammoniak
260978
CZ tijd: 1

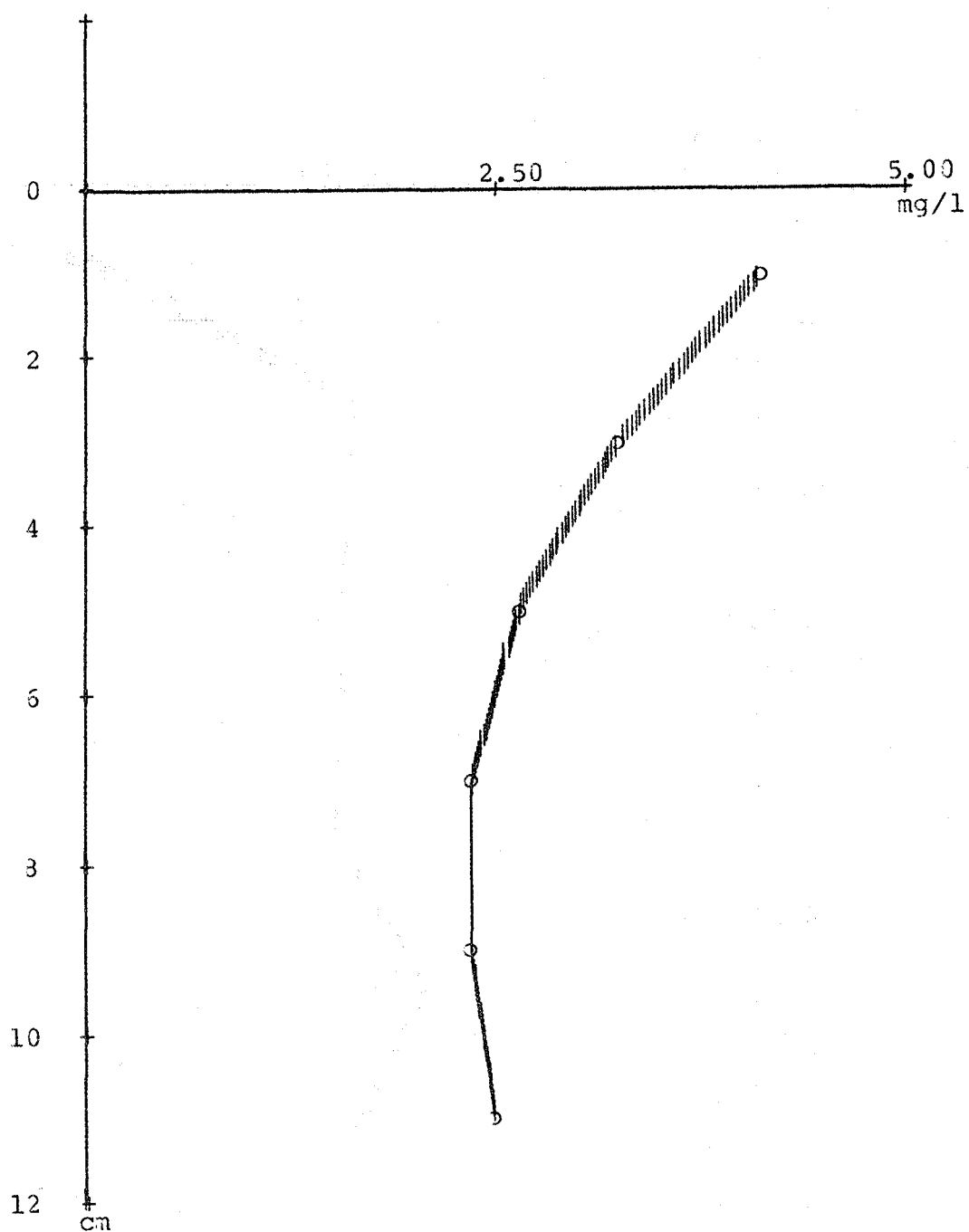


Fig. 43

Ammoniak
260978
CZ tijd:10

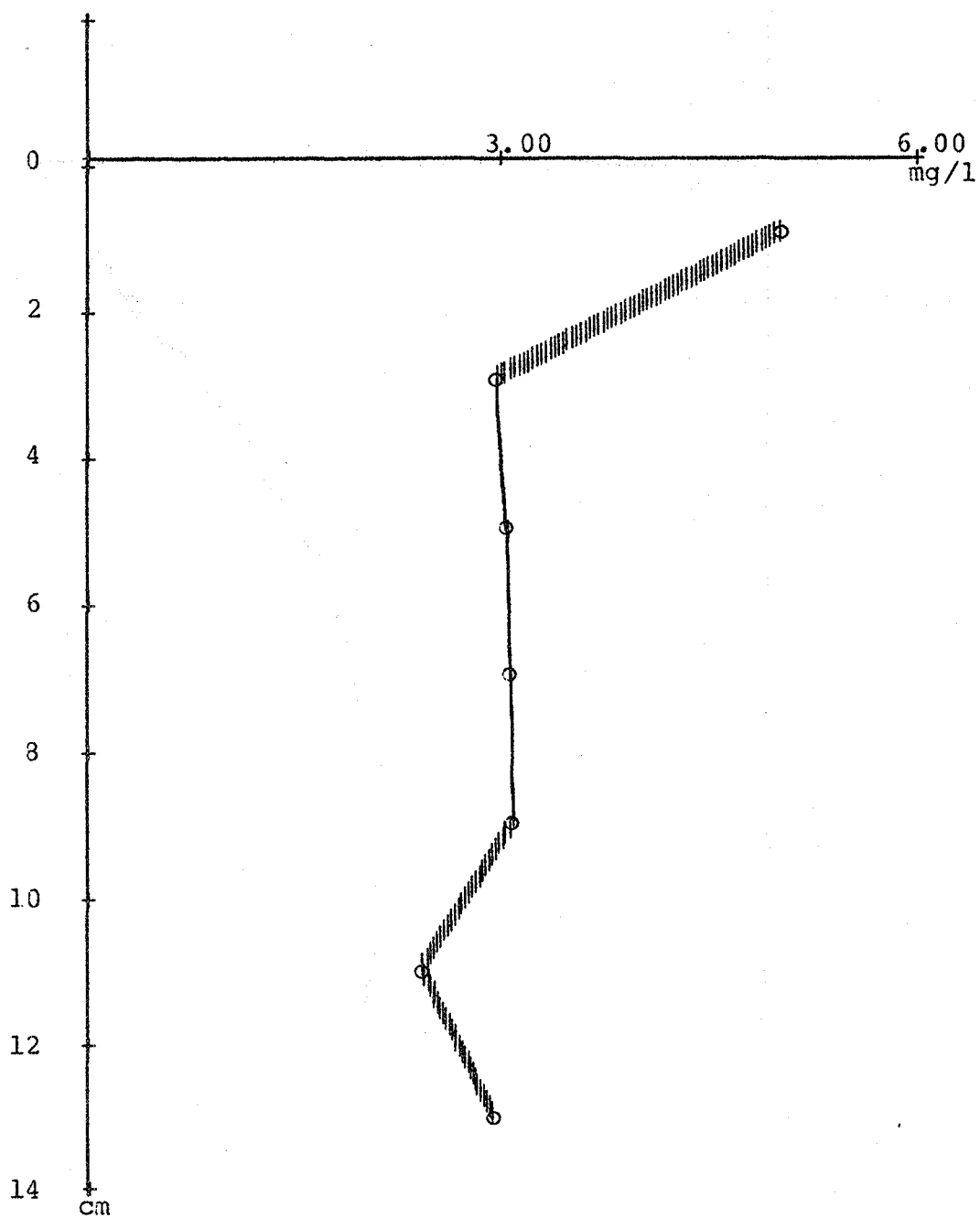


Fig.44

Anmoniak
260978
CS tijd: 1

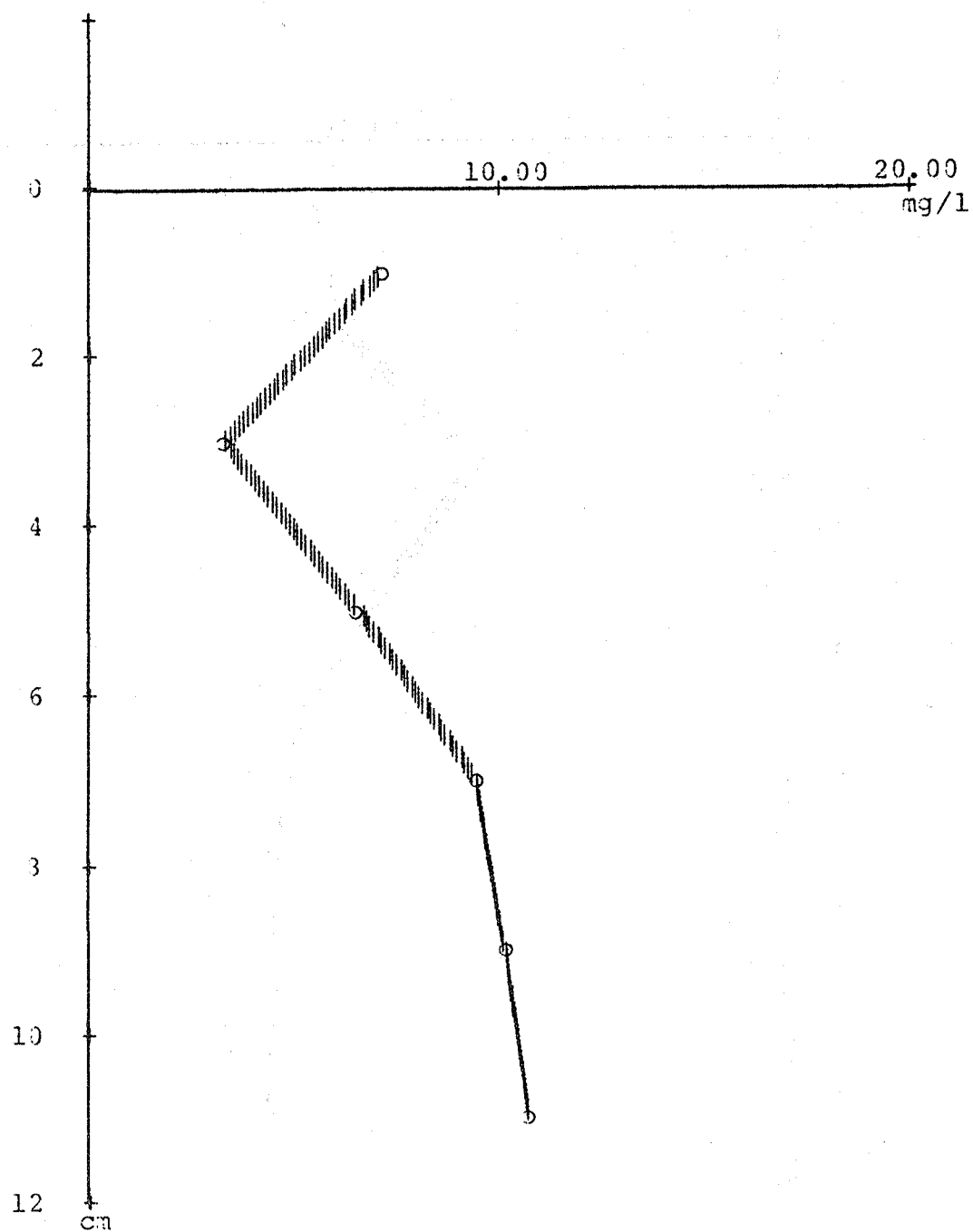


Fig. 45

Ammoniak
260978
CS tijd:10

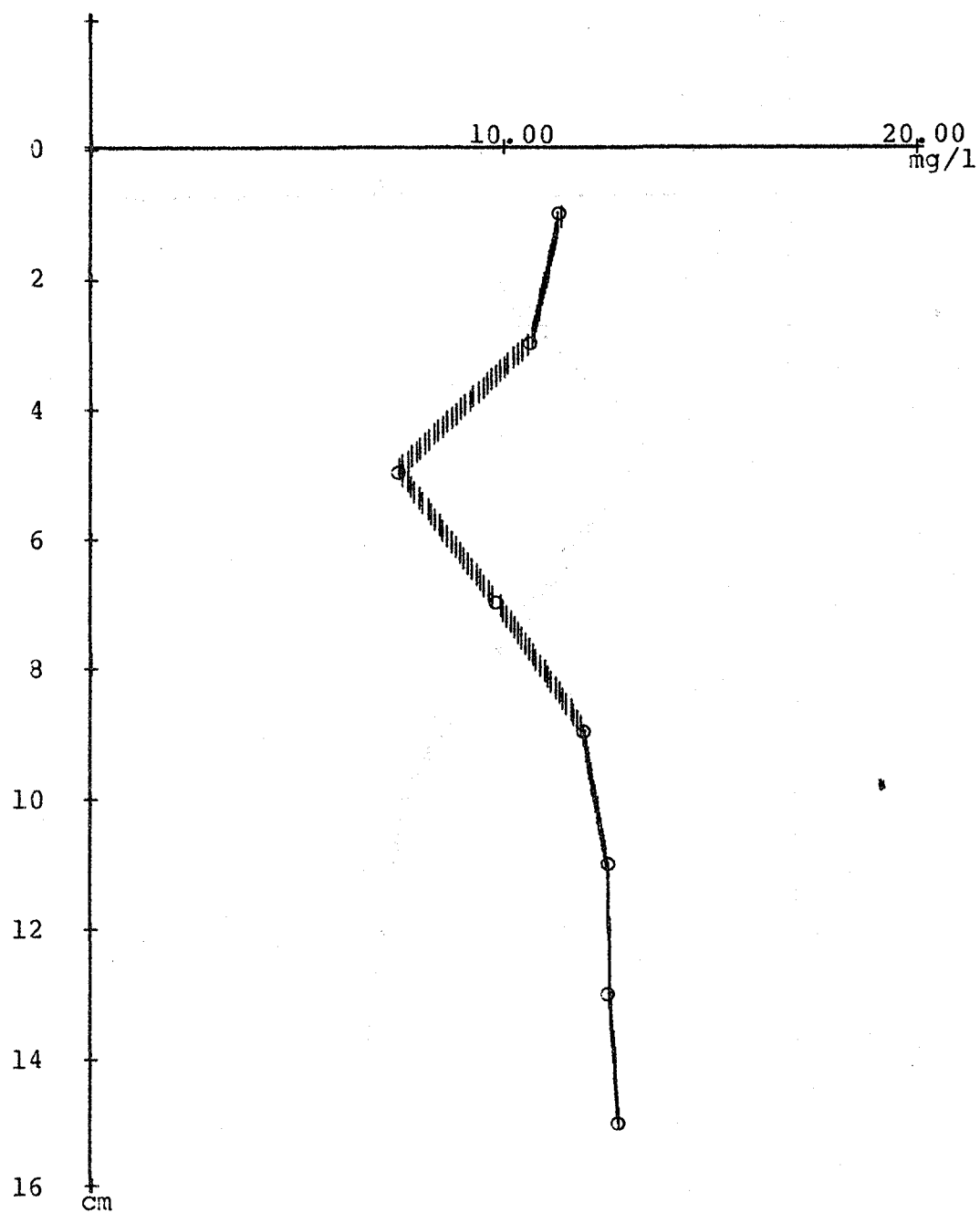


Fig.46

Fosfaat

290678

WZM

Sample and trendline values

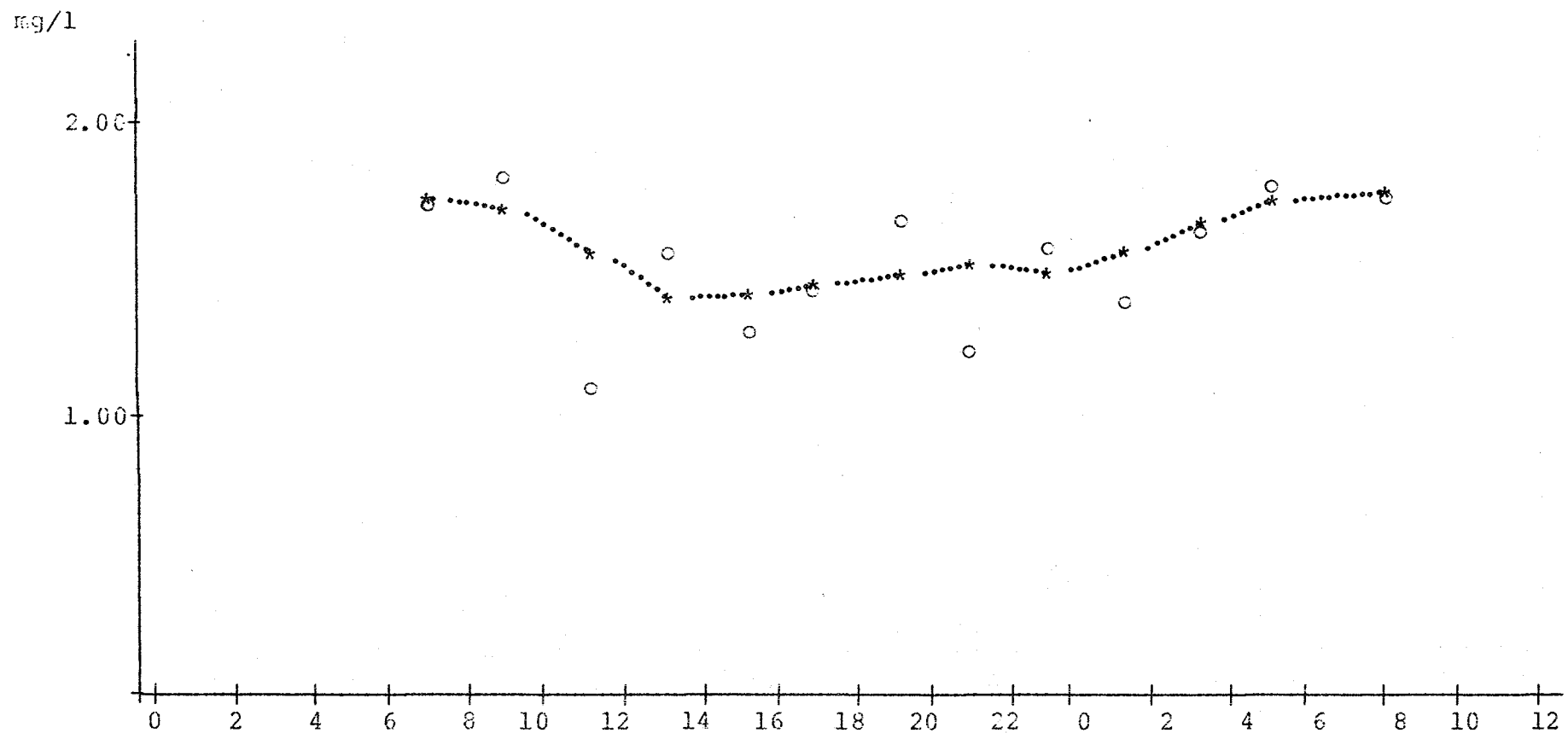


Fig. 47

Fosfaat
290678
WSN
Sample and trendline values

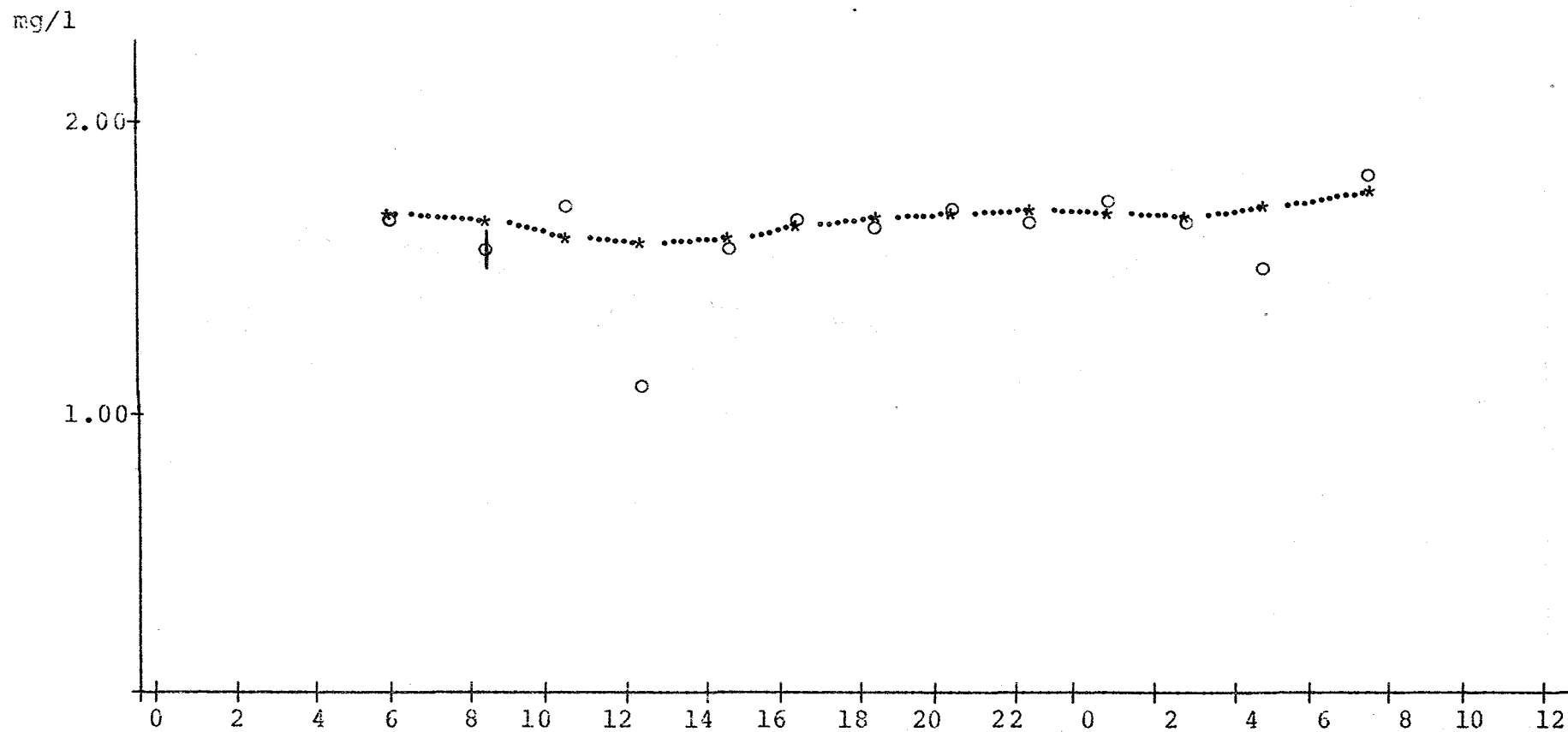


Fig. 48

Fosfaat

250978

WZN

Sample and trendline values

mg/l

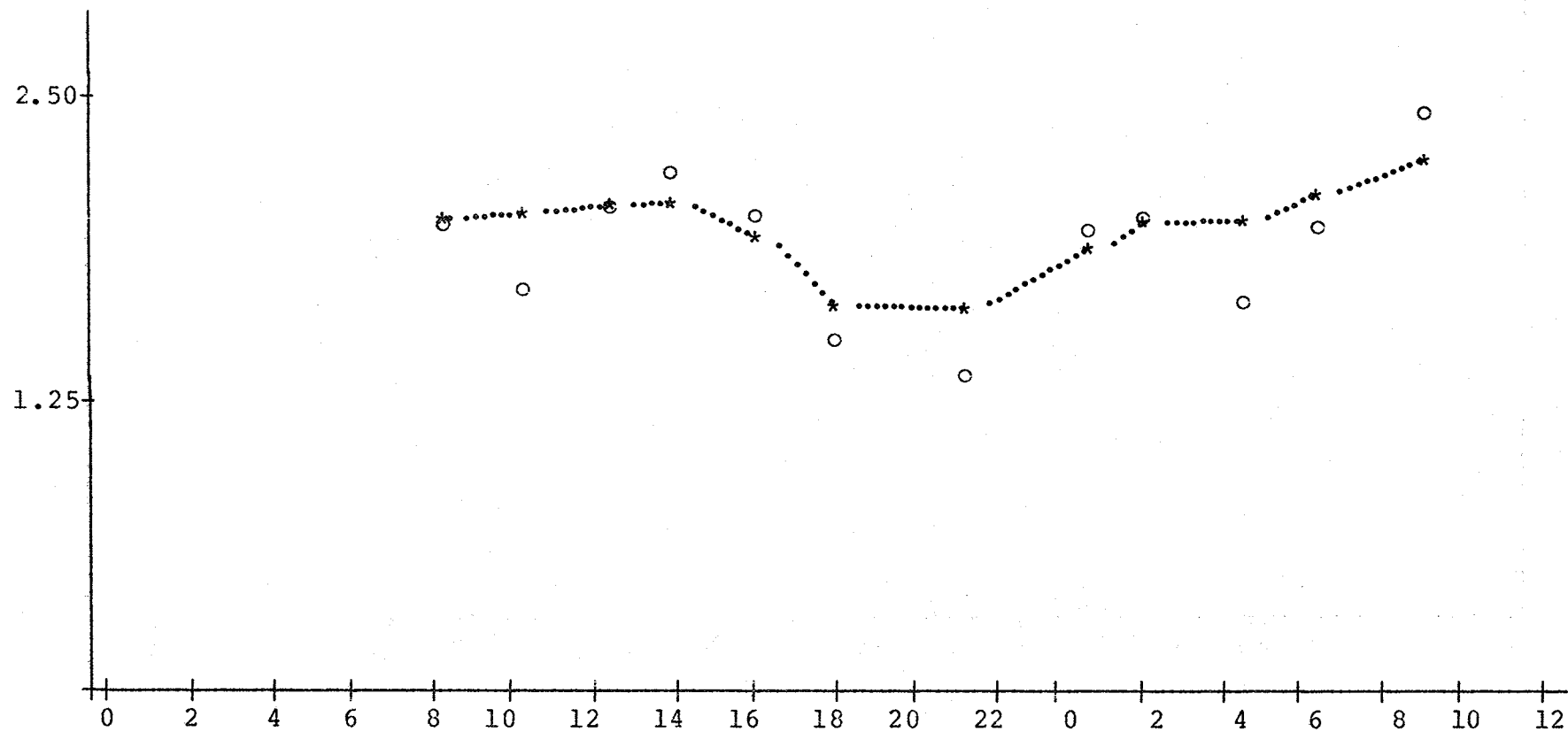


Fig. 49

Fosfaat
250978
WSN
Sample and trendline values

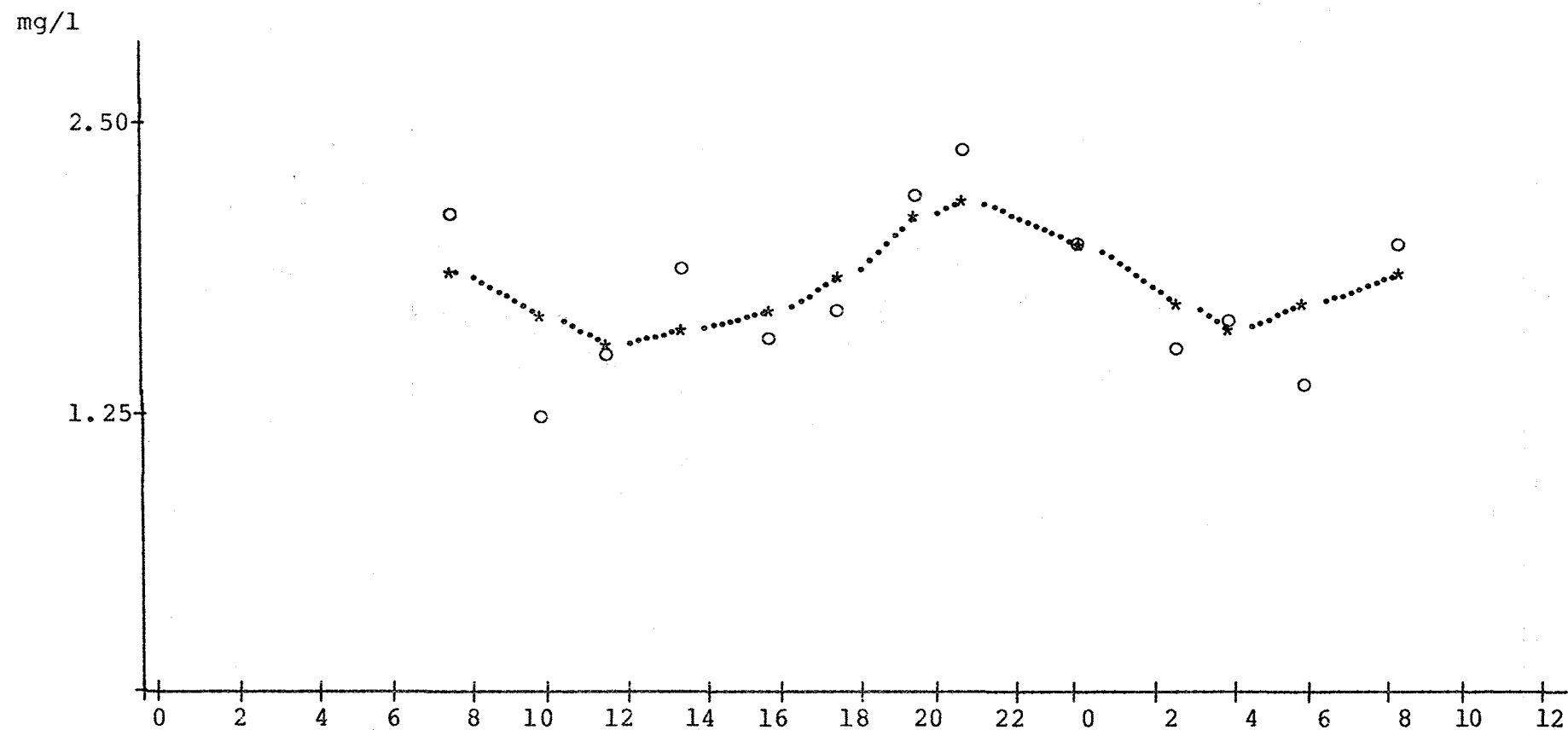


Fig. 50

Fosfaat
290678
KZN
Sample and trendline values

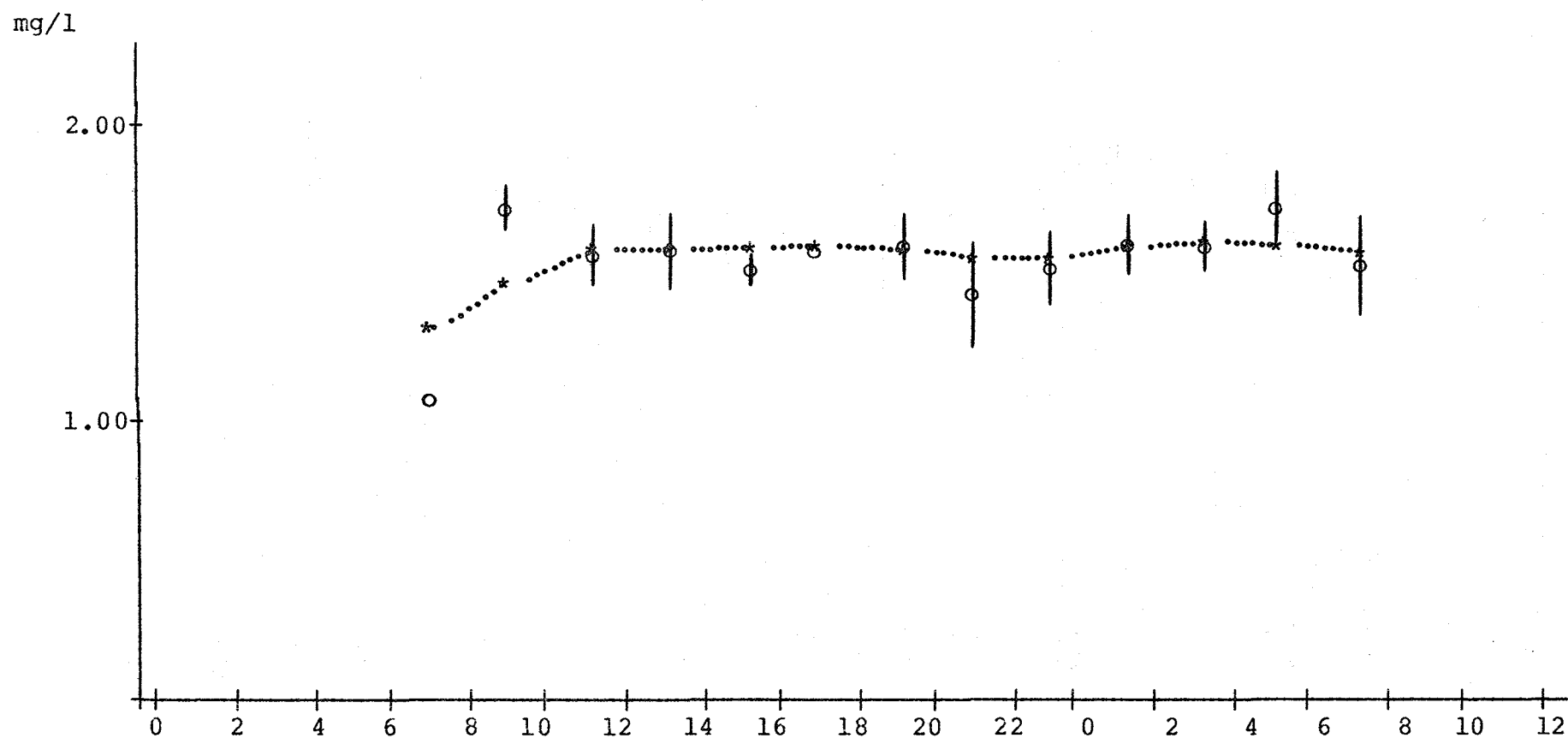


Fig. 51

Fosfaat
290678
KSN
Sample and trendline values

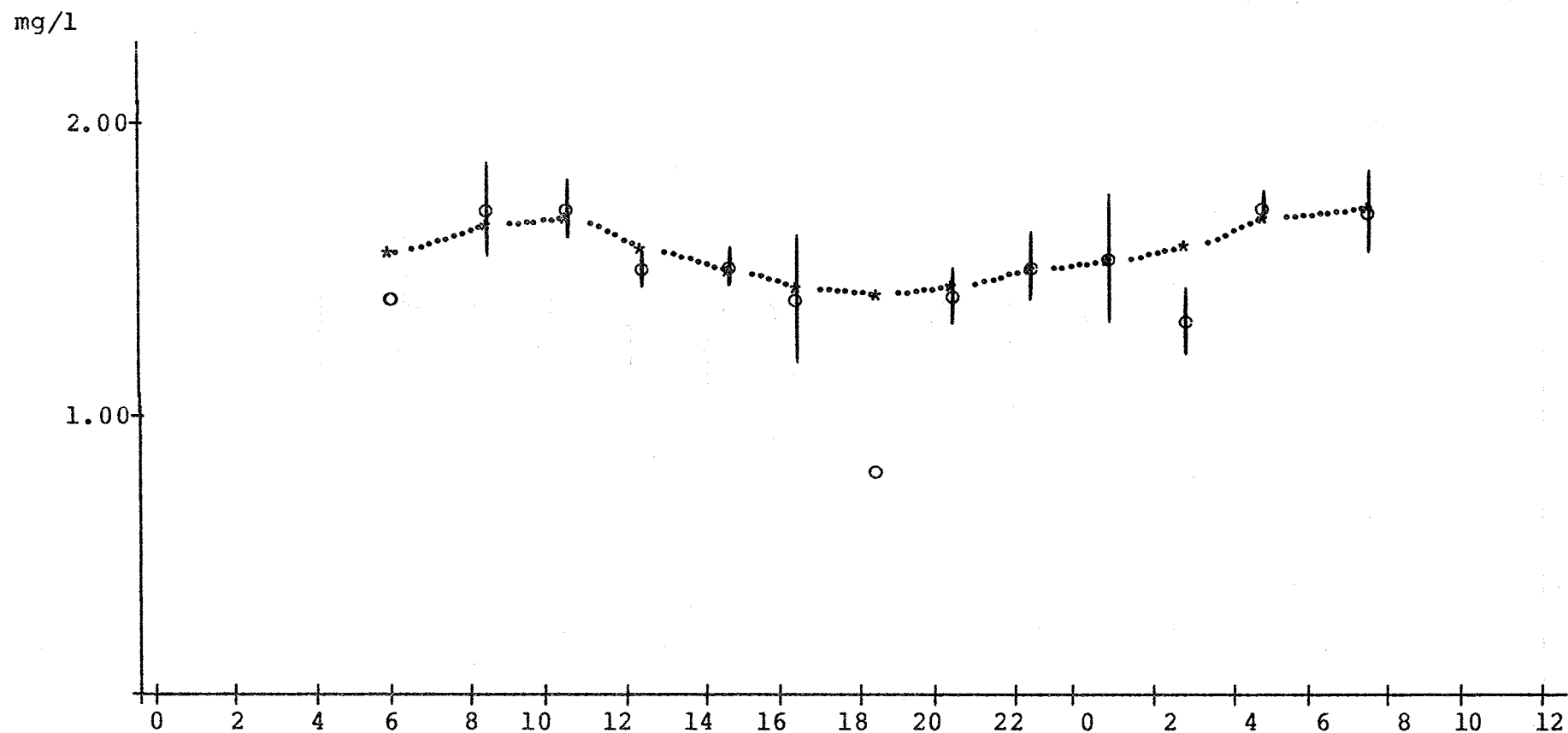


Fig. 52

Fosfaat
250978
KZN
Sample and trendline values

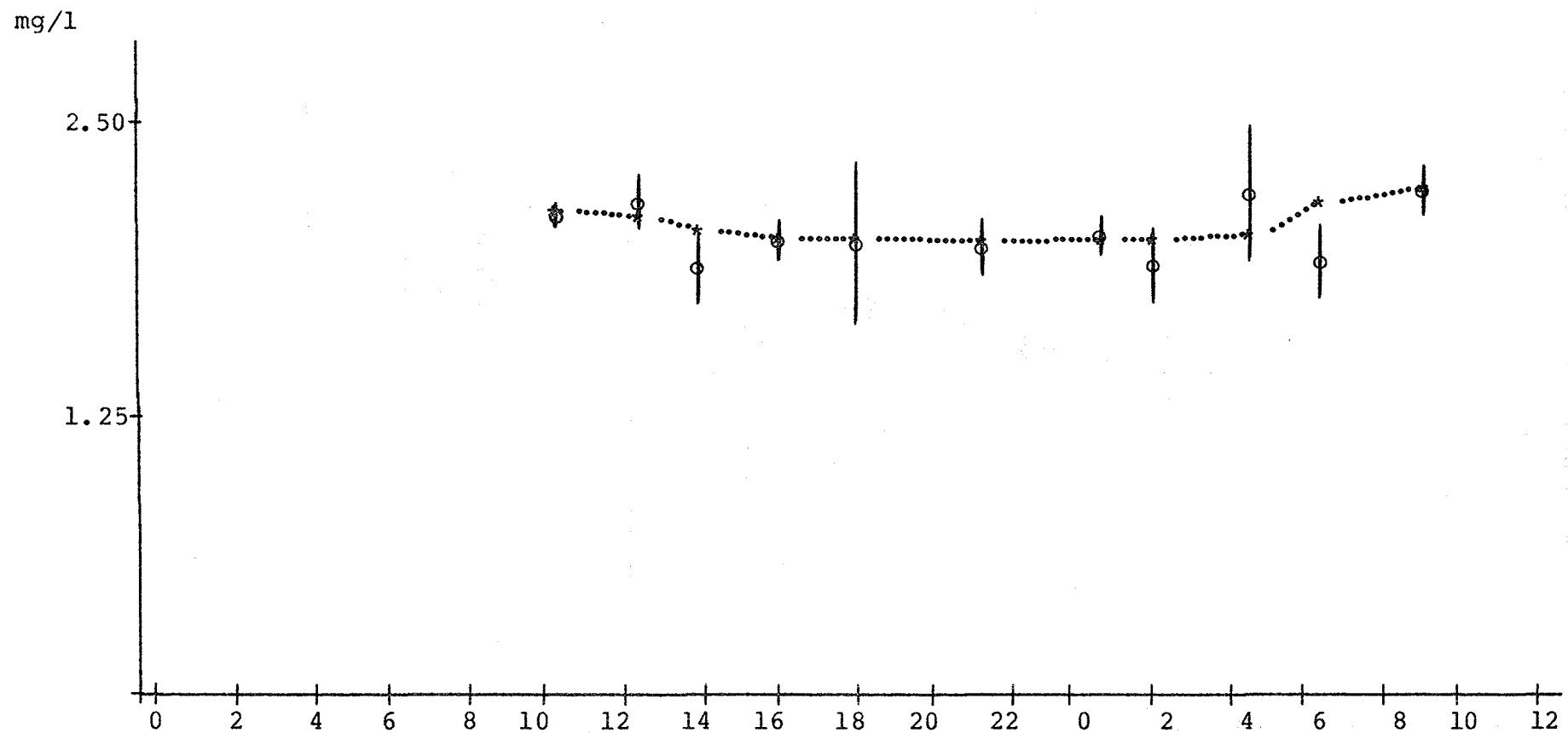


Fig. 53

Fosfaat
250978
KSN
Sample and trendline values

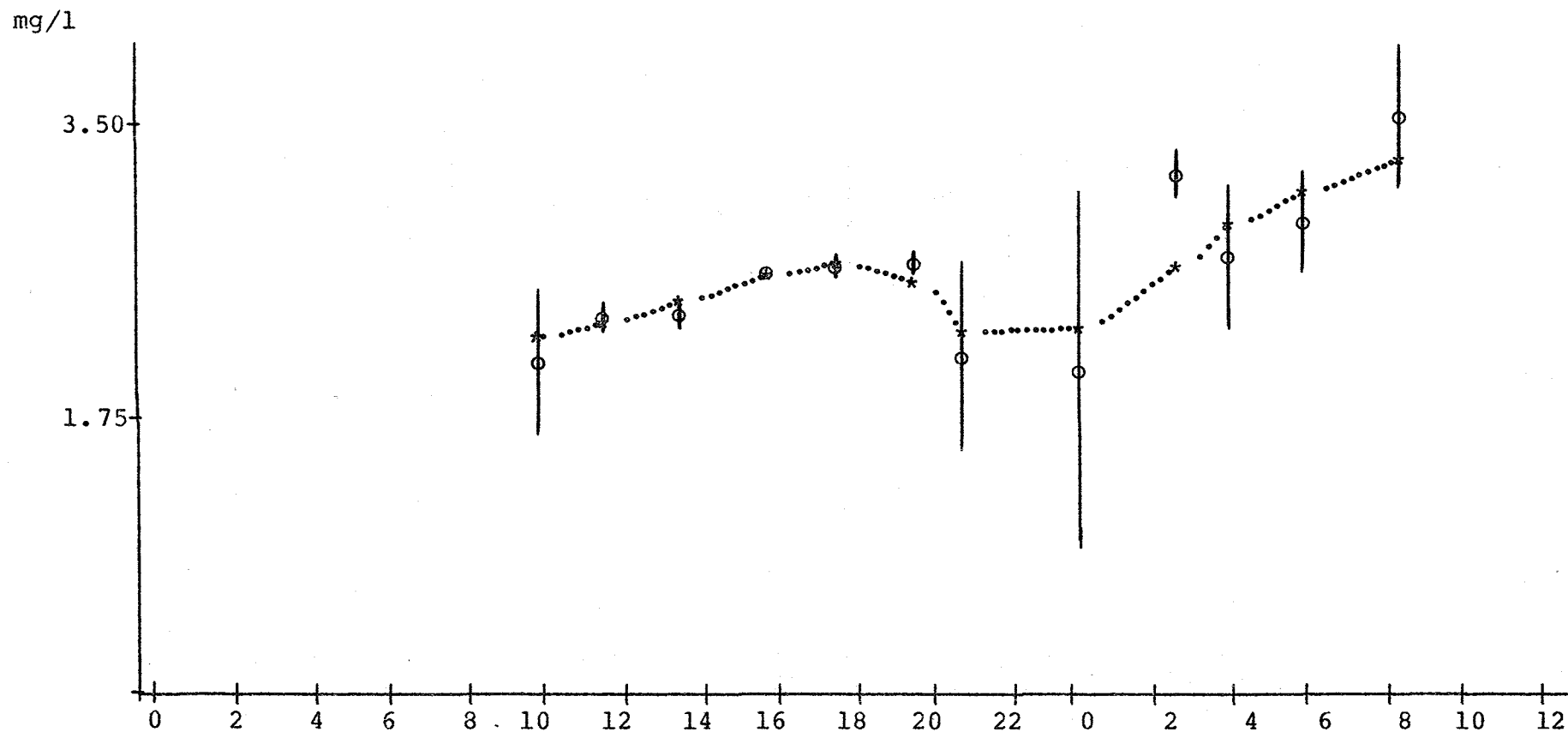


Fig. 54

Fosfaat
250978
CZ tijd:10

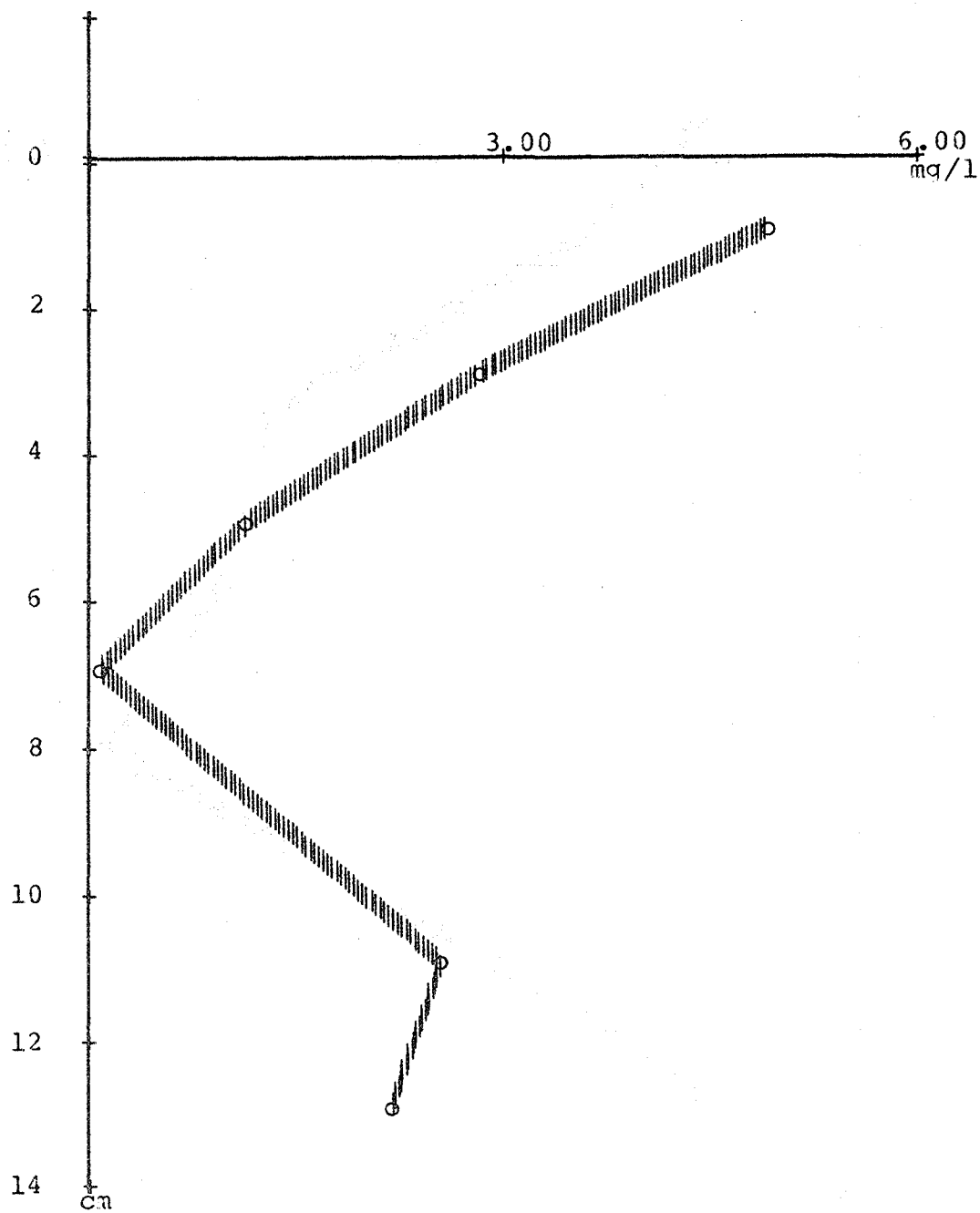


Fig. 55

Fosfaat
250978
CS tijd: 1

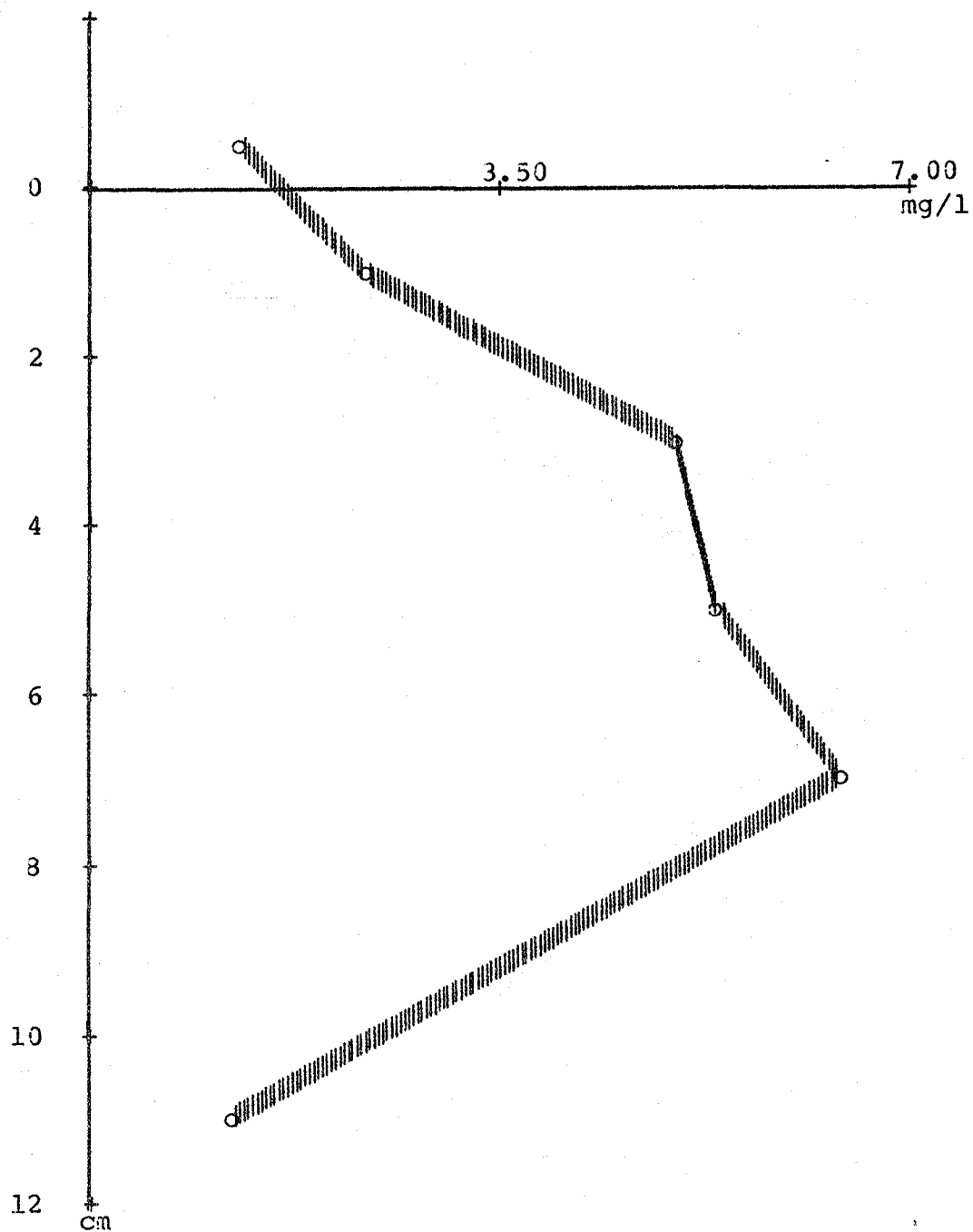


Fig. 56